

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μελέτη της ποιότητας του νερού του χειμάρρου Κραυσίδωνα
(Μαγνησία) υπό το πρίσμα της Δημόσιας Υγείας»**

Χρυσοβαλάντης Πανταζής

ΒΟΛΟΣ 2011

**«Μελέτη της ποιότητας του νερού του χειμάρρου Κραυσίδωνα (Μαγνησία) υπό το
πρίσμα της Δημόσιας Υγείας»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

- 1) **Ιφιγένεια Κάγκαλου**, Επίκουρη Καθηγήτρια, Υδρολογία, Λιμνολογία και Ποταμολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπουσα***,
- 2) **Ιωάννης Μποζιάρης**, Επίκουρος Καθηγητής, Υγιεινή και Συντήρηση Ιχθυηρών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***,
- 3) **Ελένη Γκολομάζου**, Λέκτορας, Ιχθυοπαθολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

**Αφιερωμένη στην
Τασούλα, Ελένη,
Διαμάντη, Βάιο**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέπουσα της εργασίας αυτής, κα Ιφιγένεια Κάγκαλου για την πολύτιμη βοήθειά της και τη διαρκή υποστήριξή της, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους 1)κα Ελένη Γκολομάζου και 2)κ. Γιάννη Μποζιάρη, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Άρη Ψιλοβόκο και τις κ. Δότη Παπαδημητρίου και κ. Φαίη Παρλαπάνη για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά τους, όποτε το είχα ανάγκη κατά τη διάρκεια του πειράματος, αλλά και την συγγραφή της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας αποτέλεσε η διερεύνηση και η αξιολόγηση της ποιότητας του νερού του χειμάρρου Κραυσίδαωνα υπό το πρίσμα της Δημόσιας Υγείας. Η έρευνα εστιάστηκε στον προσδιορισμό των φυσικοχημικών και μικροβιολογικών χαρακτηριστικών του νερού, χρησιμοποιώντας τους μικροβιακούς δείκτες κοπρανώδους μόλυνσης. Επιλέχθηκαν τέσσερις σταθμοί δειγματοληψίας σε διαφορετικά υψόμετρα, αλλά και σε διαφορετικές αποστάσεις από κατοικημένες περιοχές και διεξήχθησαν μηνιαίες δειγματοληψίες, από τον Ιανουάριο μέχρι τον Ιούνιο του 2011.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον ποσοτικό προσδιορισμό του μικροβιακού φορτίου, ήταν η μέθοδος των διηθητικών μεμβρανών (membrane filter method), (APHA 1995) ενώ τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας όργανα του Τμήματος Ιχθυολογίας και Υδροβιολογίας. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε συγκρίνοντας τις ευρισκόμενες τιμές με την Ευρωπαϊκή Κοινοτική Οδηγία 160/76/EEC, τη σχετική με την ποιότητα των νερών αναψυχής.

Ακολούθως, διεξήχθη η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων με την βοήθεια του Spearman test για να διαπιστωθεί η συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων, ενώ η διερεύνηση διαφοροποιήσεων μεταξύ σταθμών και δειγματοληψιών έγινε ακολουθώντας την τεχνική General Linear Model (GLM). Οι παραπάνω αναλύσεις έγιναν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS.17.0.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι σχετικά με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού, η θερμοκρασία κυμάνθηκε εντός τιμών που επιτρέπουν την διαβίωση πολλών ειδών οργανισμών και ψαριών, μιας και το εύρος διακύμανσης ανά

σταθμό για όλες τις εποχές κυμαίνονταν εντός φυσιολογικών ορίων, με βάση την προαναφερθείσα Οδηγία. Επίσης, ο κορεσμός του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, κυμαίνονταν σε ποσοστά μεγαλύτερα από 80% όπως προβλέπεται και από την νομοθεσία, ενώ σε συγκεκριμένες μετρήσεις (ποσοστό 40%), κυμαίνονταν σε ποσοστά από 60%-75%. Όσον αφορά το pH για όλους τους σταθμούς μέτρησης οι τιμές του κυμαίνονταν από 6,9 έως 8,8, μέσα στα όρια που προβλέπει η Κοινοτική Οδηγία 76/160/ΕΟΚ. Η αγωγιμότητα κυμάνθηκε από 203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ μέχρι 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Σχετικά με τους μικροβιολογικούς παραμέτρους, ποσοστό άνω του 80% των ευρισκόμενων τιμών κυμάνθηκε εντός των παραδεκτών ορίων που προβλέπει η Οδηγία, ενώ η μεγαλύτερη επιβάρυνση παρατηρήθηκε στους σταθμούς 3 και 4, οι οποίοι βρίσκονταν εντός των ορίων του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης του Βόλου.

Όσον αφορά το εποχικό προφίλ του χειμάρρου, με βάση τις μικροβιολογικές παραμέτρους του, φαίνεται προς το τέλος της άνοιξης-αρχές καλοκαιριού να παρατηρούνται οι μεγαλύτερες αφθονίες των μικροβιακών δεικτών, εμφανίζοντας οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι την μέγιστη τιμή των 950 cfu/100ml, και τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια την τιμή των 560 cfu/100ml.

Από τις παραπάνω αναλύσεις δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ κοπρανωδών κολοβακτηριδίων και περιβαλλοντικών παραμέτρων, εν τούτοις προέκυψαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ ολικών βακτηριδίων και pH, όπως και μεταξύ κοπρανωδών στρεπτόκοκκων και pH. Τέλος, βρέθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ ολικών κολοβακτηριδίων και κοπρανωδών στρεπτόκοκκων. Επίσης, από την ανάλυση προέκυψε ότι η αφθονία (Abundance) των μικροβιακών δεικτών (TC, FC, FS, OMX 37°C και OMX 22°C) παρουσιάζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση

τόσο με τη θερμοκρασία του νερού όσο και με το λόγο FC/TC. Όσον αφορά την Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (OMX) στους 22°C και 37°C, διαπιστώθηκε σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ τους, αλλά και αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην OMX στους 37°C και την αγωγιμότητα. Τέλος, μελετώντας την επίδραση της ταχύτητας ροής στους μικροβιακούς δείκτες, προκύπτει στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους.

Ο Κραυσίδωνας, όντας ένας πνεύμονας πρασίνου αλλά και ένα απaráμιλλης φυσικής αλλά και ιστορικής αξίας ποτάμιο σύστημα, “επιβάλλεται” να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο επιβαρυνμένο, για λόγους αισθητικούς, ψυχαγωγικούς, αλλά κυρίως δημόσιας υγείας. Στα πλαίσια της εργασίας προτείνονται διαχειριστικά μέτρα που οφείλει να λάβει υπόψη της η πολιτεία, προκειμένου να αναβαθμίσει τον φυσικό αυτό αποδέκτη.

Λέξεις κλειδιά: μικροβιακοί δείκτες, κοπρανώδης μόλυνση, χειμαρρικό και ποτάμιο σύστημα, φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού, δημόσια υγεία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Η σημασία του νερού.....	1
1.2 Επιφανειακά νερά και Δημόσια Υγεία.....	2
1.3 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά επιφανειακών ρεόντων υδάτων.....	5
1.4 Μικροβιακοί δείκτες.....	7
1.5 Η σημασία των μικροβιακών-δεικτών και πως συνδέονται με τον έλεγχο της ποιότητας των επιφανειακών νερών.....	11
1.6 Σκοπός της εργασίας.....	13
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	15
2.1 Η περιοχή μελέτης	15
2.1.1 Γενικά Γεωγραφικά και Χωροταξικά στοιχεία	15
2.1.2 Μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά.....	18
2.1.3 Γεωλογικά – εδαφολογικά στοιχεία	20
2.1.4 Μετεωρολογικά-κλιματολογικά στοιχεία.....	22
2.1.5 Χλωρίδα-Πανίδα.....	24
2.1.6 Χειμαρρικό Περιβάλλον.....	28
2.2 Δειγματοληψία.....	30
2.3 Μεθοδολογία.....	33
2.3.1 Αρχή των μεθόδων.....	33
2.3.2 Στατιστική ανάλυση των δεδομένων.....	35
2.3.3 Χρήση δεικτών για την προέλευση της μόλυνσης.....	35
2.3.4 Θρεπτικά υλικά.....	36
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	39
3.1 Αποτελέσματα.....	39

3.1.1 Χρονική κατανομή.....	42
3.1.2 Χωρική κατανομή.....	51
3.2 Συζήτηση.....	68
3.2.1 Αξιολόγηση της ποιότητας του Κραυσίδωνα με βάση την Οδηγία 76/160/EEC.	71
3.2.2 Συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων του νερού του Κραυσίδωνα. Αξιολόγηση της προέλευσης της μόλυνσης με βάση την αναλογία των μικροβιακών δεικτών	76
3.2.3 Διαχειριστικά μέτρα-Προτάσεις.....	82
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	85
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87
6. ABSTRACT.....	96
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η σημασία του νερού

Το νερό αποτελεί το βασικότερο στοιχείο της ζωής για όλους τους έμβιους οργανισμούς. Βρίσκεται παντού στη γη και αποτελεί έναν πολύτιμο φυσικό πόρο. Αποτελεί ταυτόχρονα έναν ανανεώσιμο μεν, αλλά πεπερασμένο πόρο. Με τον υδρολογικό κύκλο ανανεώνονται τα αποθέματα του νερού, τόσο στην επιφάνεια, όσο και στους υπόγειους υδροφορείς. Το νερό παρουσιάζει άνιση χωροχρονική κατανομή. Η ρύπανση του νερού περιορίζει ακόμη περισσότερο τις ποσότητες που προορίζονται για τις διάφορες χρήσεις του. Επομένως, δεν έχουμε πάντα στη διάθεσή μας όσο νερό θέλουμε, την στιγμή που το θέλουμε, αλλά και στην ποιότητα που το θέλουμε.

Ο συνολικός όγκος του νερού που υπάρχει στη γη υπολογίζεται σε 1360 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα. Η ποσότητα αυτή κατανέμεται σε επιφανειακά και υπόγεια νερά. Τα επιφανειακά νερά περιλαμβάνουν το νερό των ωκεανών, των λιμνών, των ποταμών, του νερού της βιομάζας, αλλά και των παγετώνων. Από την άλλη στα υπόγεια νερά ανήκουν τα νερά της κορεσμένης και ακόρεστης ζώνης. Από την εκμεταλλεύσιμη ποσότητα νερού στον πλανήτη τα νερά των ποταμών και λιμνών αποτελούν ένα ποσοστό της τάξης του 2% περίπου. Το υπόλοιπο 98% της εκμεταλλεύσιμης ποσότητας του ύδατος, αντιστοιχεί σε υπόγεια ύδατα. Τα επιφανειακά όμως ύδατα βρίσκονται σε άμεση σχέση και εξάρτηση με τα υπόγεια νερά, επηρεάζοντας ταυτόχρονα τόσο τα ποιοτικά τους, όσο και τα ποσοτικά τους χαρακτηριστικά. Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτή η σημασία των

επιφανειακών νερών στην εξασφάλιση υψηλών προδιαγραφών και επαρκούς ποσότητας νερού για τον άνθρωπο (Μιμίκου & Μπαλτάς 2006).

Τα πηγαία ύδατα είναι ζωτικής σημασίας για τον φυσικό κόσμο, καθώς καλύπτουν τις ανάγκες τόσο των ζώων, όσο και των φυτών. Από αυτές προκύπτουν οι σημαντικές ποσότητες υδάτων που είναι απαραίτητες για να καλύψουν τις ανάγκες της ανθρώπινης κατανάλωσης, αλλά και τομείς όπως η γεωργία, η βιομηχανία, και οι υδατοκαλλιέργειες. Έτσι καθήκον της κοινωνίας είναι να διατηρήσουμε τις πηγές των υδάτων, καθώς αυτές είναι πολύ ουσιώδεις για την ζωή (Mumtaz et al. 2011).

1.2 Επιφανειακά νερά και Δημόσια Υγεία

Το νερό μεταφέρει ρυπογόνους ή και μολυσματικούς παράγοντες με τους οποίους έρχεται σε επαφή, ενώ την ίδια στιγμή είναι άριστος διαλύτης, διαβρώνοντας τα πετρώματα που συναντά στην πορεία του. Κανένα από τα υδάτινα οικοσυστήματα δεν έχει απεριόριστη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Με τη συνεχόμενη ρύπανση/μόλυνση, υποβαθμίζεται σημαντικά η ποιότητα των νερών και καταλήγουν κάποια στιγμή να είναι ακατάλληλα για συγκεκριμένες χρήσεις, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις τα υδάτινα οικοσυστήματα καταρρέουν (Νταρακάς 2009).

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO 1994), ως μόλυνση ορίζεται «η ανεπιθύμητη παρουσία στο περιβάλλον, επιβλαβών βιολογικών παραγόντων (μικρόβια, ιοί, παράσιτα), η οποία μπορεί να επιδράσει βλαβερά στη δημόσια υγεία, την υγεία των ζωντανών οργανισμών (ζωικών και φυτικών) και γενικότερα στην πρωτογενή παραγωγή».

Σε πολλά μέρη του κόσμου, η μικροβιακή μόλυνση των επιφανειακών υδάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται τόσο για κατανάλωση, όσο και για αναψυχή

παραμένει ένας εν δυνάμει κίνδυνος για τη δημόσια υγεία, ιδιαίτερα για τις αναπτυσσόμενες χώρες (Nnane et al. 2011).

Η εντατική γεωργία όπως επίσης και οι κατασκευές τεχνικών έργων (π.χ. των δρόμων), αποτελούν δύο βασικές, μη σημειακές πηγές μόλυνσης, των οποίων μάλιστα η ένταση αυξάνει σε περίπτωση βροχοπτώσεων (Servais et al. 2007). Επιπροσθέτως, οι έντονες κλιματικές αλλαγές με τις συχνότερες και εντονότερες πλημμύρες που τις συνοδεύουν, επιβαρύνουν τη μόλυνση από τις σημειακές αλλά και τις μη σημειακές πηγές, επειδή μεταφέρουν εδαφικά στρώματα τα οποία περιέχουν μικροοργανισμούς κ.λ.π. (Moore et al. 1997).

Τα ανθρώπινα νοσήματα τα οποία μεταδίδονται με το νερό και τα οποία σχετίζονται με τα κόπρανα τόσο των ανθρώπων, όσο και των ζώων προκαλούν ένα τεράστιο προβληματισμό παγκοσμίως, σχετικά με την επιβάρυνση της υγείας των ανθρώπων (Domingo et al. 2007).

Οι υδατογενείς ασθένειες περιλαμβάνουν εκείνες, των οποίων το νερό είναι ο φορέας μετάδοσης. Συγκεκριμένα τα παθογόνα μικρόβια που μεταδίδονται από τα ανθρώπινα και ζωικά περιττώματα στον άνθρωπο μέσω του νερού, συνιστούν αιτία υδατογενούς ασθένειας. Συνήθως, οι υδατογενείς ασθένειες χαρακτηρίζονται από επιδημικές εξάρσεις, απειλώντας μεγάλα τμήματα του πληθυσμού. Αυτές περιλαμβάνουν τις περισσότερες από τις εντερικές ασθένειες που προκαλούνται από βακτήρια, παράσιτα και ιούς. Οι πρώτες ασθένειες που προσδιορίστηκαν ήταν ο τυφοειδής πυρετός και η χολέρα, οι οποίες και παραμένουν ως σοβαρό πρόβλημα σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Η πιο γνωστή ασθένεια σήμερα είναι η γκιαρντίαση (giardiasis), που προκαλείται από το πιο κοινό ζωικό παράσιτο (*Giardia lamblia*) που προσβάλλει τον άνθρωπο, μιας και είναι ευρέως εξαπλωμένο όπως και ανθεκτικό στην

χλωρίωση του πόσιμου νερού. Υπάρχει η ανησυχία ότι οι υδατογενείς ασθένειες έχουν προσβάλει περί τα 2.000 εκατομμύρια ανθρώπους (Βανταράκης 2010).

Προσπάθειες να μειωθούν οι μεταδιδόμενες με το νερό ασθένειες έχουν γίνει από τον Οργανισμό Millennium Development Goals (MDG) (UN 2009), του οποίου βασικός σκοπός αποτελεί η μείωση στο μισό, του ποσοστού των ανθρώπων χωρίς πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό, μέχρι το 2015 (Nnane et al. 2011).

Περισσότεροι από ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε ασφαλές νερό και περισσότεροι από δύο εκατομμύρια πεθαίνουν κάθε χρόνο από ασθένειες μεταδιδόμενες μέσω μολυσμένου νερού, όπως το «διαρροϊκό σύνδρομο». Η ασθένεια αυτή αποτελεί μόνο μία από τις βασικές αιτίες νοσηρότητας και θνησιμότητας στις υπανάπτυκτες χώρες (Unicef 2009).

Υπάρχουν βιβλιογραφικά δεδομένα που καταδεικνύουν ότι η πλειονότητα των ασθενειών υδατογενούς προέλευσης είναι στενά συνδεδεμένη με μη επεξεργασμένα εσωτερικά ύδατα (Dufour 1984). Έχουν καταγραφεί επίσης, αρκετές επιδημιολογικές μελέτες (Stevenson 1953, Dufour 1984), οι οποίες συσχετίζουν σαφώς τις γαστρεντερικές ασθένειες με την ποιότητα των υδάτων, μέσω των μικροβιακών δεικτών κοπρανώδους προέλευσης (Kim et al. 2005, Marion et al. 2010).

Πολλοί άνθρωποι υποφέρουν από ασθένειες όπως ο τύφος, εξαιτίας της μόλυνσης των υδάτων (Atlas 1997). Σε έρευνα που διεξήχθη στις Ηνωμένες Πολιτείες σχετικά με την επίδραση των σηπτικών κατασκευών (δεξαμενών) οι οποίες έρχονται σε επαφή με λεκάνες απορροής, διαπιστώθηκε η ύπαρξη υψηλών επιπέδων οργανισμών δεικτών κοπρανώδους προέλευσης, αλλά και ανιχνεύσιμων επιπέδων εντερικών παθογόνων (*Cryptosporidium* sp., *Giardia* sp., εντεροϊοί). Δεδομένου ότι οι λοιμώδεις εντεροϊοί έχουν χαμηλή μολυσματική δόση και προκαλούν οξείες ασθένειες, αποτελούν

κίνδυνο για τη δημόσια υγεία και χρόνιο πρόβλημα μόλυνσης, ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα. Τα στοιχεία επιπλέον δείχνουν υπόγεια μεταφορά του μολυσμένου νερού στα επιφανειακά ύδατα, τα οποία στη συνέχεια μολύνουν τα ύδατα αναψυχής (κολύμβησης) στα σημεία εκβολής τους. Τα αποτελέσματα ερευνών ανέδειξαν την ανάγκη εξυγίανσης των μη σημειακών πηγών των λυμάτων σε λεκάνες απορροής για την προστασία της δημόσιας υγείας (Lipp et al. 2001).

Η αυξανόμενη ζήτηση του νερού καθώς και η έλλειψή του, οδηγούν σε σύνθετα και αλληλένδετα προβλήματα με επιπτώσεις στην κοινωνία, την οικονομία και κατ' επέκταση τον ίδιο τον άνθρωπο. Επιπλέον, η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων επηρεάζει τα υπόγεια ύδατα και κατ' επέκταση τον υδροφόρο ορίζοντα. Παράλληλα, με την υποβάθμισή του περιορίζονται τόσο οι δυνατότητες χρήσης του, όσο και οι συνθήκες διαβίωσης των υδρόβιων οργανισμών. Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα αυτά θεωρείται απαραίτητη πλέον μια ολιστική προσέγγιση, μέρος της οποίας αποτελεί και η ευαισθητοποίηση των πολιτών. Η σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων αλλά και η προστασία του υδάτινου οικοσυστήματος είναι υπόθεση που αφορά όλους μας.

1.3 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά επιφανειακών ρεόντων υδάτων

Το ποτάμιο οικοσύστημα είναι το αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης μεταξύ αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων. Χαρακτηρίζεται από συνεχή μεταφορά θρεπτικών συστατικών και οργανικής ύλης, από τα εδάφη της λεκάνης απορροής, σε όλη τη διαδρομή του ποταμού. Οι οργανισμοί που ζουν σ' αυτό έχουν άμεση σχέση με την παρουσία, την αφθονία και το είδος της οργανικής και ανόργανης ύλης.

Από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, η θερμοκρασία του νερού

εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής, το υψόμετρο, την εποχή και τις υπόγειες εισροές. Επηρεάζεται επίσης, από τη συνεχή τροφοδοσία των νερών από πηγές. Η διαβίωση των περισσότερων οργανισμών ενός ποταμού, εξαρτώνται από το ιδανικό εύρος θερμοκρασιών μεταξύ μιας ελάχιστης και μιας μέγιστης τιμής. Η θερμοκρασία, μαζί με την ταχύτητα ροής και τα συστατικά του υποστρώματος επηρεάζουν τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, στο νερό (Νταρακάς 2009).

Το χρώμα του νερού αποτελεί χαρακτηριστική ένδειξη της ποιότητας του, καθώς επηρεάζεται από τις διαλυμένες ουσίες και τους οργανισμούς που αναπτύσσονται σ' αυτό. Λόγω της διάλυσης και αποσάθρωσης των πετρωμάτων, το νερό μεταφέρει αιωρούμενα σωματίδια, η παρουσία των οποίων μειώνει τη διαύγειά του. Η διαύγεια μειώνεται δραστικά, μετά από μια καταρρακτώδη βροχή (Νταρακάς 2009).

Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η ηλιοφάνεια, ο κυματισμός, τα ρεύματα, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες, το περιεχόμενο σε μικροοργανισμούς κ.ά. (Κυριού 2010).

Όσον αφορά το pH, αυτό εκφράζει την συγκέντρωση κατιόντων υδρογόνου που περιέχει ένα δείγμα. Η μέτρηση του pH, είναι μία από τις σημαντικότερες μετρήσεις, κατά την εξέταση των υδάτων και αποβλήτων. Σε δεδομένη θερμοκρασία, το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα ή τον βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Μαζί με την τιμή του pH πρέπει να αναφέρεται και η θερμοκρασία του δείγματος τη στιγμή της μέτρησης, γιατί η θερμοκρασία επηρεάζει την τιμή του pH. Ο προσδιορισμός του είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς τα φυτά και τα ζώα έχουν το δικό τους εύρος τιμών και παρουσιάζουν μικρή ανοχή στις

μεταβολές του (Ζανάκη 2001).

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η Αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται, κυρίως, από την ολική συγκέντρωση των ιονιζομένων ουσιών, που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία, στην οποία έγινε η μέτρηση. Μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το $\mu\text{S}/\text{cm}$, ή το mS/cm (Ζανάκη 2001).

Στην Ελλάδα, η ποιότητα των νερών που προορίζονται για κολύμβηση, διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά και καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών, καθορίζεται από την ΚΥΑ 46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986) σε συμμόρφωση με τις σχετικές Οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Στην απόφαση αυτή, καθορίζονται τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που πρέπει να διαθέτουν τα ύδατα, ανάλογα με τη χρήση τους (κολύμβηση, διαβίωση ψαριών σε γλυκά ύδατα και άλλα).

Επιπρόσθετα, η οικολογική ποιότητα των επιφανειακών υδάτων πλέον, καθορίζεται με βάση την νέα Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60.

1.4 Μικροβιακοί δείκτες

Η ανίχνευση και η απομόνωση των παθογόνων μικροοργανισμών (παράσιτα, βακτηρίδια, ιοί), που βρίσκονται στο νερό αποτελεί μία χρονοβόρα διαδικασία, για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται κατάλληλοι οργανισμοί-δείκτες, για τον προσδιορισμό πιθανών εντερικών παθογόνων. Οι κυριότεροι δείκτες που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό είναι:

- I. Ολικά κολοβακτηροειδή (total coliforms)
- II. Κολοβακτηροειδή κοπράνων (fecal coliforms)
- III. Στρεπτόκοκκοι κοπράνων (fecal streptococci)

IV. Ετερότροφα βακτήρια ή ολική μικροβιακή χλωρίδα (OMX)

Οι δείκτες αυτοί επιλέγονται γιατί συγκεντρώνουν ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Είναι μετρήσιμοι με εύκολες και μη δαπανηρές τεχνικές, που οφείλουν να είναι ακριβείς και επαναλήψιμες. Επίσης, πρέπει να είναι ανθεκτικοί στις περιβαλλοντικές πιέσεις και να έχουν σταθερά χαρακτηριστικά. Παράλληλα, πρέπει να έχουν άμεση σχέση με την πηγή προέλευσης των παθογόνων, ενώ οφείλουν να βρίσκονται σε ικανό αριθμό στο περιβαλλοντικό δείγμα χωρίς να πολλαπλασιάζονται ή να υφίστανται γενετικές αλλαγές ώστε να είναι δυνατός ο προσδιορισμός τους. Τέλος, πρέπει να μην είναι επικίνδυνοι για την δημόσια υγεία (Νταρακάς 2009).

I. Ολικά κολοβακτηριοειδή (Total Coliforms , TC)

Με τον όρο ολικά κολοβακτηριοειδή αναφερόμαστε σε Gram⁻, μη σπορογόνα βακτήρια, με σχήμα επίμηκες, προαιρετικά αναερόβια, με ικανότητα ανάπτυξης με την παρουσία αλάτων χολικού οξέος. Είναι αρνητικά στην οξειδάση και ζυμώνουν τη λακτόζη στους 37°C σε 24 έως 48 ώρες. Κατατάσσονται σε τέσσερα γένη: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* και *Klebsiella*. Ο πληθυσμός των κολοβακτηριοειδών (coliforms) αναφέρεται ως ολικά κολοβακτηριοειδή (total coliforms, TC), έτσι ώστε να διαφοροποιούνται από τα κολοβακτηριοειδή κοπρανώδους προέλευσης (fecal coliforms, FC). Τα κολοβακτηριοειδή σε κανονικές συνθήκες δεν είναι παθογόνα και μπορούν να επιβιώσουν είτε σαν ελεύθερα σαπρόφυτα, είτε στην εντερική οδό (Σκληβανιώτης 2004).

II. Κολοβακτηρίδια κοπράνων (Fecal Coliforms)

Αποτελούν υποομάδα των ολικών κολοβακτηριοειδών και συναντώνται

κυρίως στο γαστρεντερικό σωλήνα των θερμόαιμων ζώων. Είναι θέρμο-ανθεκτικές μορφές και ζυμώνουν τη λακτόζη στους 44°C σε 24 ώρες. Το είδος *Escherichia coli* είναι το συχνότερα εμφανιζόμενο μέλος της ομάδας αυτής, αλλά είναι δυνατόν να περιλαμβάνει και άλλα είδη όπως *Klebsiella* sp. ή *Enterobacter* sp. Το είδος *E.coli* και τα είδη του γένους *Klebsiella* είναι οι κύριοι οργανισμοί ενδιαφέροντος της ομάδας αυτής, επειδή η παρουσία τους υποδηλώνει πρόσφατη, κοπρανώδους προέλευσης μόλυνση, η οποία συνοδεύεται από πιθανά εντερικά παθογόνα (Βελονάκης 2001).

III. Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (Fecal Streptococci, FS)

Ορισμένα είδη στρεπτόκοκκων, χαρακτηρίζονται ως στρεπτόκοκκοι κοπρανώδους προέλευσης (fecal streptococci). Τα είδη αυτά των στρεπτόκοκκων καλούνται εντερόκοκκοι. Ανήκουν σε 2 κύριες κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν τα είδη *S. faecalis*, *S. faecium* και *S. durans*, τα οποία συναντώνται στον άνθρωπο, αλλά και σε αρκετά θερμόαιμα ζώα. Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα είδη *S. bovis*, *S. equinus* και *S. avium* τα οποία συνήθως δεν συναντώνται στους ανθρώπους. Εκτός από τα παραπάνω είδη, τα είδη *S. mitis* και *S. solivarius* συναντώνται περιστασιακά στα κόπρανα και διαβιούν στο στόμα ορισμένων ζώων. Η ύπαρξη των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων, υποδεικνύει κυρίως κοπρανώδη μόλυνση από θερμόαιμα ζώα. Καθώς έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής έξω από το έντερο των ζώων, όπως επίσης και από το γεγονός ότι αδυνατούν να αναπαραχθούν στο περιβάλλον, η παρουσία τους υποδεικνύει πρόσφατη μόλυνση (Βελονάκης 2001).

Επιπλέον, ορισμένα είδη στρεπτόκοκκων είναι συχνά συνδεδεμένα με συγκεκριμένα ζώα. Για παράδειγμα το είδος *S. bovis* συναντάται κυρίως στα πρόβατα και τα βόδια, το *S. equinus* στα άλογα και το *S. avium* στα πουλικά και άλλα πουλιά.

Μία υψηλή αναλογία κοπρανωδών κολοβακτηριδίων προς κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (FC/FS) υποδηλώνει ανθρώπινη πηγή μόλυνσης, ενώ η χαμηλή αναλογία της σχέσης, δείχνει μόλυνση από θερμόαιμα ζώα (Sayler et al. 1975, Robertson & Tobin 1983, Leclerc 1990).

Επίσης, αξιόλογα συμπεράσματα προκύπτουν από την αναλογία κοπρανώδη προς ολικά κολοβακτηριοειδή (FC/TC). Τα αποτελέσματα δίνουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την αιτία της μόλυνσης (Lin et al. 1974).

IV. Ετερότροφα βακτήρια ή ολική μικροβιακή χλωρίδα (OMX)

Ο όρος αναφέρεται σε οργανισμούς που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το διοξείδιο του άνθρακα σαν μοναδική πηγή άνθρακα, αλλά χρειάζονται οργανικές ενώσεις για να αναπτυχθούν. Αναπτύσσονται σε διάφορα θρεπτικά υποστρώματα από 20-37°C. Στην ανάλυση νερού εξετάζεται ο αριθμός των αποικιών τους που αναπτύσσονται στους 22°C και στους 37°C. Οι ετερότροφοι οργανισμοί που βρίσκονται στο νερό προσφέρονται για την παρακολούθηση της ποιότητάς του. Η αλλαγή των κλιματικών συνθηκών, οι ανθρώπινες δραστηριότητες και άλλοι παράγοντες επιδρούν στην μικροβιολογική επιβάρυνση του νερού. Ο αριθμός των αποικιών στους 22°C έχει σχετικά μικρή υγειονομική αξία, αλλά είναι χρήσιμος σαν δείκτης αποτελεσματικής επεξεργασίας και απολύμανσης του νερού. Επίσης, μπορεί να χρησιμεύσει και ως δείκτης υγιεινής της κατάστασης του δικτύου διανομής. Τέλος, η αύξηση του αριθμού των αποικιών στους 37°C, από τις συνήθεις μετρούμενες τιμές, χρησιμοποιείται σαν ένδειξη αύξηση της κοπρανώδους μόλυνσης από ανθρώπους ή ζώα (Σκληβανιώτης 2004).

1.5 Η σημασία των μικροβιακών-δεικτών και πως συνδέονται με τον έλεγχο της ποιότητας των επιφανειακών νερών

Όλα τα κοπρανώδη κολοβακτηροειδή (fecal coliforms) στο νερό έχουν κοπρανώδη προέλευση, ενώ ένα άγνωστο τμήμα των ολικών κολοβακτηροειδών (total coliforms) ίσως προέρχεται και από άλλες πηγές. Τα κοπρανώδη βακτηρίδια δεν είναι άφθονα στο έδαφος εξαιτίας της ταχύτατης θανάτωσής τους σ' αυτό το περιβάλλον.

Μεταξύ των βιολογικών μολυντών τα fecal coliforms και *Escherichia coli* θεωρούνται σημαντικοί δείκτες. Καθώς, ο πληθυσμός του είδους *Escherichia coli* κατοικεί στον εντερικό σωλήνα των ανθρώπων, αλλά και άλλων θερμόαιμων ζώων, αποτελεί το σημαντικότερο δείκτη κοπρανώδους μόλυνσης (Edberg 2000).

Η γενικότερη χρήση του νερού είτε πρόκειται για νερά αναψυχής, είτε για κολυμβητικά νερά, είναι δυνατόν να προκαλέσει βλάβες στην ανθρώπινη υγεία, οι οποίες έχουν αναφερθεί κι επιβεβαιωθεί από την δεκαετία του '50 (Stevenson 1953). Κατά την διάρκεια των τελευταίων τριάντα ετών, οι σχέσεις μεταξύ των δεικτών κοπρανώδους μόλυνσης και ασθενειών, καθιερώθηκαν για τις ακτές κολύμβησης (Wade et al. 2003, 2006), συμπεριλαμβάνοντας και την μελέτη της USEPA, η οποία καταδεικνύει τα *Escherichia coli*, ως ένα δείκτη κοπρανώδους μόλυνσης των γλυκών νερών (U.S. EPA 1986).

Σε μελέτη που διεξήχθη σε ακτές παρατηρήθηκε ότι, κατά μέσο όρο το 1/5 όλων των δειγμάτων που συλλέχθηκαν μέσα σε 3 ημέρες μετά από βροχόπτωση, υπερέβαινε την ελάχιστη τιμή ως προς την ποιότητα του νερού, η οποία προβλέπεται για τουλάχιστον ένα βακτηριακό δείκτη (total coliforms, fecal coliforms, enterococci). Οι υπερβάσεις αυτές παρατηρήθηκαν στα 3/4 των αναγραφόμενων δειγμάτων (των ακτών). Οι συγκεντρώσεις των εντεροκόκκων και των *Escherichia coli* είχαν τις πιο

συχνές υπερβάσεις, ενώ τόσο τα total coliforms όσο και ο λόγος T.C./F.C. είχαν τις λιγότερες υπερβάσεις (Griffith et al. 2010).

Η κοπρανώδης μόλυνση από θερμόαιμα ζώα συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπων, θέτει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία, εξαιτίας της πιθανής έκθεσης σε ένα ευρύ φάσμα παθογόνων βακτηρίων, ιών και πρωτόζωων (Baker & Herson 1999, Fong et al. 2005). Μη σημειακές πηγές από οικόσιτα και άγρια ζώα, αστική απορροή, βλάβες σηπτικών συστημάτων και σημειακές πηγές όπως οι βιομηχανικές εκροές συνδεδεμένες με υπερχειλίσεις υπονόμων και εκροές αποβλήτων, είναι γνωστές ως πιθανές πηγές μόλυνσης (Ahmed 2008).

Μικροβιακοί δείκτες όπως είναι οι εντερόκοκκοι, το είδος *Escherichia coli* και τα κολοβακτηρίδια, χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού από τις Υγειονομικές Αρχές, με σκοπό να ανιχνεύσουν κοπρανώδη μόλυνση, αλλά και για την παρουσία πιθανών παθογόνων μικροοργανισμών. Παρόλα αυτά, η παρουσία αυτών των μικροβιακών δεικτών στα υδάτινα περιβάλλοντα, δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις πιθανές πηγές (Harwood et al. 2000, McLellan 2004).

Ο εντοπισμός των σημειακών πηγών είναι ζωτικής σημασίας, έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης της μικροβιακής μόλυνσης και κατά συνέπεια να μειωθεί ο κίνδυνος της δημόσιας υγείας. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί ποικίλες μέθοδοι ανίχνευσης μικροβίων, ώστε να διακρίνουν διαφορετικές πηγές ζωικής και ανθρώπινης κοπρανώδους μόλυνσης (Field & Samadpour 2007).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο μικροβιολογικός έλεγχος των νερών αναψυχής και των επιφανειακών νερών, στηρίζεται στους ίδιους μικροβιακούς δείκτες με αυτούς που ελέγχουν την ποιότητα του πόσιμου νερού. Οι συγκεντρώσεις των

δεικτών μόλυνσης που θεωρούνται ως όρια για τα νερά αναψυχής, διαφέρουν από κράτος σε κράτος και βασίζονται απλά και μόνο σε επιδημιολογικές μελέτες.

Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ των επιφανειακών νερών των χειμάρρων και της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης που δέχονται τα παραπάνω επιφανειακά νερά. Σε έρευνα που διεξήχθη, από τον Jeng (2005), διαπιστώθηκε ότι αστικές απορροές ομβρίων συμβάλλουν σε επιδείνωση της ποιότητας του νερού της υδάτινης μάζας που τα υποδέχεται. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν οι οργανισμοί-δείκτες *Escherichia coli*, εντερόκοκκοι και κολοβακτηρίδια κοπράνων, τα οποία εξετάστηκαν στη στήλη του νερού (λίμνη στη συγκεκριμένη περίπτωση), στα αιωρούμενα σωματίδια και στο ίζημα, ώστε να διαπιστωθεί τόσο η κατανομή τους, όσο και η διάρκεια απομάκρυνσή τους. Διαπιστώθηκε ότι κατά την διάρκεια ξηρών περιόδων το επίπεδο των παραπάνω μικροβιακών δεικτών ήταν χαμηλό. Μετά όμως από κάποιο φαινόμενο βροχόπτωσης που αυξανόταν το επίπεδο ομβρίων υδάτων, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των δεικτών τόσο στην υδάτινη στήλη, όσο και στο ίζημα, ενώ χρειάστηκε και διάστημα τριών έως επτά ημερών για να μειωθεί και να έρθει σε ανεκτά επίπεδα το ποσοστό των μικροβιακών δεικτών.

Παράλληλα, είναι δεδομένο ότι η μικροβιολογική ποιότητα των επιφανειακών υδάτων επηρεάζει την ποιότητα των υπόγειων υδάτων και κατ' επέκταση του υδροφόρου ορίζοντα, με τη μεταφορά παθογόνων από τα επιφανειακά στρώματα, ανάλογα με το επίπεδο και το είδος των παθογόνων αλλά και της διαπερατότητας του εδάφους (Forppen et al. 2008).

1.6 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της ποιότητας των υδάτων του χειμάρρου Κραυσίδωνα, με τη χρήση των μικροβιακών-δεικτών (βακτήρια εντερικής

προέλευσης). Στόχο της εργασίας αποτελεί η μελέτη του χειμαρρικού συστήματος από υγειονομικής πλευράς συνεισφέροντας στην προάσπιση της δημόσιας υγείας στην περιοχή. Στην εργασία επιχειρείται και η συσχέτιση των παραπάνω δεικτών με ορισμένα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού, έτσι ώστε να διαπιστωθούν ενδεχόμενοι παράγοντες που επηρεάζουν την παρουσία τους. Τέλος, πραγματοποιείται εκτίμηση των πιθανών, σημειακών και μη, πηγών ρύπανσης όπως αυτές επηρεάζονται χωροχρονικά, σε σχέση με συγκεκριμένα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.

Η εκτίμηση της ποιότητας πραγματοποιείται με την βοήθεια της Κοινοτικής Οδηγίας 76/160/ΕΟΚ την σχετική με τα ύδατα κολύμβησης, η οποία εξετάζει 19 φυσικοχημικούς και μικροβιολογικούς παράγοντες.

Είναι δεδομένο ότι δεν υπάρχει εθνική/κοινοτική νομοθεσία σχετική με την καταλληλότητα των υδάτων αναψυχής. Ανάμεσα στα προσδοκώμενα αποτελέσματα της εργασίας είναι να αναδείξει επίσης, τη χρηστικότητα των μικροβιακών δεικτών στο υδάτινο περιβάλλον, την αναγκαιότητα για μια ενιαία Ευρωπαϊκή νομοθεσία, καθώς και το ενδεχόμενο έλλειμμα της Οδηγίας 2000/60 στον συγκεκριμένο τομέα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Η περιοχή μελέτης

2.1.1 Γενικά Γεωγραφικά και Χωροταξικά στοιχεία

Το ρέμα του Κραυσίδωνα εκβάλλει στον Παγασητικό Κόλπο διερχόμενο μέσα από το πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου. Πρόκειται για ένα ρέμα που τροφοδοτείται από μια σχετικά μικρή λεκάνη απορροής της περιοχής του Πηλίου, με πεδινό, ημιορεινό και ορεινό ανάγλυφο, ενώ μεταφέρει τις επιφανειακές απορροές από το νότιο τμήμα του ορεινού όγκου του Πηλίου στην περιοχή ανάπτυξης της πόλης του Βόλου.



Εικόνα 1: Η λεκάνη απορροής καθώς και η χάραξη του χειμάρρου Κραυσίδωνα, όπως απεικονίζονται σε χάρτη από το Google. Διακρίνονται τα σημεία δειγματοληψίας.

Η λεκάνη αυτή οριοθετείται δυτικά από το λόφο του Σαρακηνού και τη χαράδρα που το χωρίζει από τη Μακρινίτσα και ανατολικά από τη χαράδρα που χωρίζει

την Πορταριά από το Κατηχώρι (Εικόνα 1). Στο ενδιάμεσο υπάρχουν επίσης, οι ρεματιές της Μπράνης, του Μέγα Ρέματος και της Μάνας (Pischools 2000).

Το γεωγραφικό μήκος της πόλης του Βόλου είναι $22^{\circ}48'0''$ και το γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ}13'1''$. Στο ρέμα του Κραυσίδωνα αντιστοιχεί λεκάνη απορροής έκτασης $19,36 \text{ Km}^2$, η οποία εκτείνεται ανάμεσα από τα δημοτικά διαμερίσματα του Βόλου, της Νέας Ιωνίας, της Μακρινίτσας, της Πορταριάς και του Ιωλκού (όλα μαζί ανήκουν στο διευρυμένο Δήμο Βόλου από 1/1/2011). Ένα μεγάλο τμήμα του χειμάρρου περί τα 4 Km, διέρχεται μέσα από κατοικημένες περιοχές, ενώ αποτελούσε μέχρι την 31/12/2010, το φυσικό όριο μεταξύ των Δήμων Βόλου και Ν. Ιωνίας, των μεγαλύτερων δήμων του νομού Μαγνησίας.

Σύμφωνα με τη μελέτη αντιπλημμυρικών έργων του χειμάρρου Κραυσίδωνα (Λημναίος 2010), η λεκάνη απορροής του Κραυσίδωνα χωρίζεται σε επτά μικρότερες υπολεκάνες, οι οποίες εκτείνονται στα δημοτικά διαμερίσματα του διευρυμένου Δήμου Βόλου, στο Βόλο, στη Ν. Ιωνία, στον Ιωλκό, στη Μακρινίτσα και στην Πορταριά, ενώ δύο ακόμη υπολεκάνες διαμορφώνονται στην αστική ζώνη κατάντη της περιφερειακής οδού, των οποίων όμως τα όμβρια ύδατα δεν τροφοδοτούν τον Κραυσίδωνα, αλλά καταλήγουν απευθείας μέσω δικτύου, στη θάλασσα. Εκτός από το Βόλο και τη Ν. Ιωνία οι οποίες είναι πεδινές περιοχές και είναι χτισμένες στον μυχό του Παγασητικού κόλπου, ο Δήμος Ιωλκού είναι μια ημιορεινή περιοχή που αναπτύσσεται μεταξύ των ισοϋψών 0-600μ.

Η Μακρινίτσα αποτελεί ένα ημιορεινό δημοτικό διαμέρισμα που εκτείνεται ανάμεσα στη βαθιά χαράδρα Μέγα Ρέμα και στον ορεινό όγκο του Σαρακηνού, με υψομετρική διαφορά από 350-700μ. Αποτελεί τον ιδανικό συνδυασμό δομημένου και φυσικού περιβάλλοντος σε αρμονική και αδιατάρακτη συνύπαρξη με

τον κυρίως οικισμό, το κοινοτικό δάσος οξιάς και τα κοινοτικά λιβάδια (40000 στρέμματα).

Τέλος, η Πορταριά, είναι ένα ορεινό χωριό με μέσο υψόμετρο 650μ, ανήκει δε σε ένα από τα πιο γνωστά και παραδοσιακά χωριά του Πηλίου, με μοναδική ομορφιά.

Η περιοχή μελέτης δεν διατρέχεται από μεγάλα ποτάμια, αλλά υπάρχουν διάσπαρτοι χείμαρροι και ρέματα (Ξηριάς, Κραυσίδωνας, Άναυρος κ ά.), καθώς και πολυάριθμες πηγές μεγάλης παροχής με κατάλληλο νερό για ύδρευση και άρδευση. Αυτό οφείλεται στο μεγάλο ετήσιο ύψος βροχής και χιονοπτώσεων (Pischools 2000).

Η περιοχή μελέτης περιβάλλεται από το όρος του Πηλίου, ενώ νότια βρέχεται από τον Παγασητικό κόλπο. Το ανάγλυφο του εδάφους παρουσιάζει διακυμάνσεις κυμαινόμενο από πεδινό μέχρι ημιορεινό και ορεινό. Κυριαρχεί η δασική βλάστηση αλλά και μίξη χαμηλής και αραιής δασικής βλάστησης.



Εικόνα 2: Λεκάνη απορροής του χείμαρρου Κραυσίδωνα

Κύριο χαρακτηριστικό της υδρολογικής λεκάνης (Εικ. 2) του Κραυσίδωνα, είναι ο ορεινός όγκος του Πηλίου, με μέγιστο υψόμετρο τα 1624 μέτρα. Από το σημείο αυτό αρχίζει η διαμόρφωση ρεμάτων και χειμάρρων, όπως ο Ξηριάς, ο Κραυσίδωνας και ο Άναυρος, με τις αντίστοιχες υδρολογικές τους λεκάνες. Στη συνέχεια οι ανώτεροι χείμαρροι, αφού διέλθουν την ημιορεινή και πεδινή έκταση του Πηλίου, καταλήγουν στον Παγασητικό Κόλπο.

Οι σημαντικότερες πηγές που τροφοδοτούν τον Κραυσίδωνα, είναι αυτές της Μάνας, του Μέγα Ρέματος, της Μπράνης, της Γερακιάς, των Σταγιατών και της Κουκουράβας. Οι πηγές αυτές καλύπτουν της ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης οικισμών που αναπτύσσονται στην ορεινή ζώνη του Πηλίου, αλλά και της πόλης του Βόλου, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα διαρρέει τον συγκεκριμένο χείμαρρο (Pischools 2000).

Ο Κραυσίδωνας διασχίζοντας το πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης του Βόλου, αναμφισβήτητα είναι πνεύμονας πρασίνου και οξυγόνου. Έχοντας τις πηγές του στο Πήλιο και καταλήγοντας στον Παγασητικό Κόλπο, είναι στην κυριολεξία μια «γραμμική» ανάσα για την πόλη που υφίσταται έντονη αστικοποίηση.

2.1.2 Μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

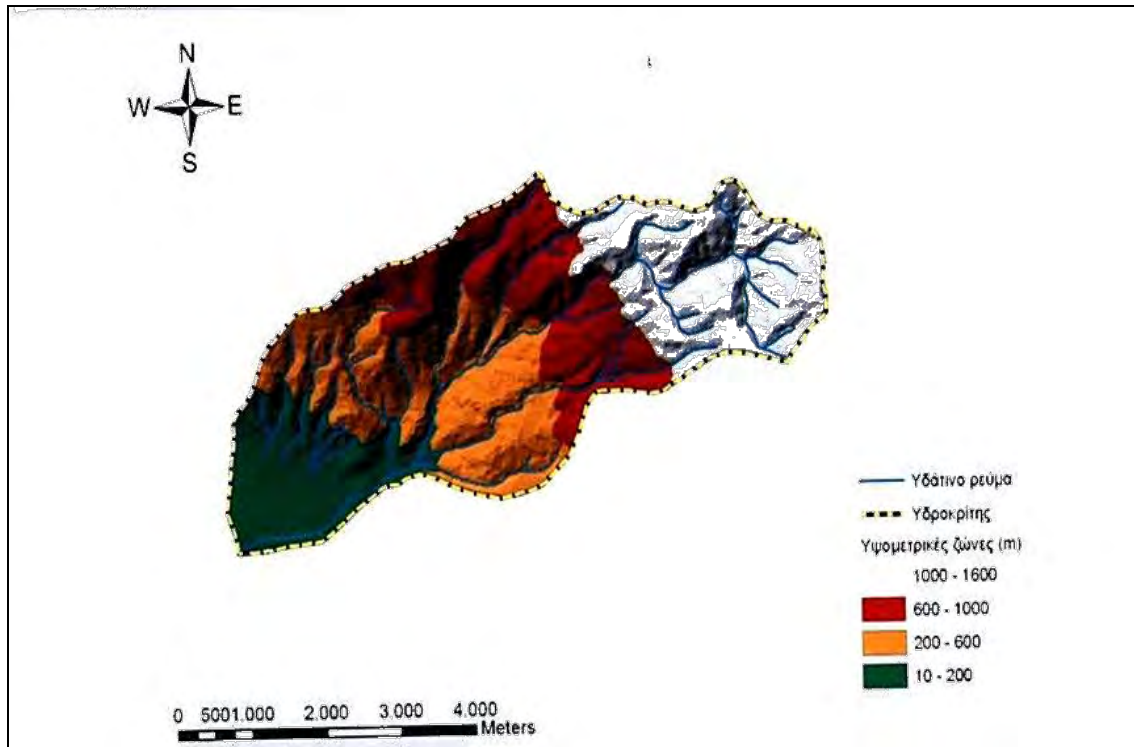
Για τον υπολογισμό των μορφομετρικών χαρακτηριστικών, χρησιμοποιήθηκε από την Φασούλα (2007) το πρόγραμμα ArcView 9.1, το οποίο βοήθησε στην ψηφιοποίηση των χαρτών «γενικής χρήσης» κλίμακας 1:50000 της Γ.Υ.Σ. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Google Earth 6.0 το οποίο επιβεβαίωσε ορισμένα από τα παραπάνω μορφομετρικά χαρακτηριστικά.

Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του Κραυσίδωνα, καθώς και οι μαθηματικοί και εμπειρικοί τύποι υπολογισμού τους, δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1:

Πίνακας 1: Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα (Φασούλα 2007).

A/A	Μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά				
1	Εμβαδό	E	-	19,35	Km ²
2	Μέγιστο υψόμετρο	H _{max}	-	1548	m
3	Ελάχιστο υψόμετρο	H _{min}	-	20	m
4	Μήκος κεντρικής κοίτης	L _k	-	11	km
5	Μέση κλίση κοίτης	J _k	$J_k = H_{max} - H_{min} / L_k$	13,89	%
6	Μέση κλίση λεκάνης	J _λ	$J_\lambda = \Delta H * \Sigma L / F$	39,78	%
7	Μέσο υψόμετρο	H _{med}	$H_{med} = \Sigma (L_i H_i) / \Sigma L$	692,07	m
8	Μήκος υδροκρίτη	U	-	21,58	Km
9	Δείκτης κυκλικότητας (κυκλικές λεκάνες: E _c =1)	E _c	$E_c = A / (P^2 / 4\pi)$	0,521	-
10	Δείκτης επιμήκυνσης (επιμήκεις λεκάνες: E<1)	E	$E = A^{0,5} / L$	0,4	-
11	Μέγιστο ανάγλυφο	H _r	$H_r = H_{max} - H_{min}$	1428	m
12	Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου	D	$D = \Sigma L_i / E$	2,27	Km ⁻¹

Σύμφωνα με τη μέση τιμή της λεκάνης απορροής ($j_\lambda = 39,78\%$), η περιοχή κατατάσσεται στην κατηγορία των ισχυρά επικλινών εδαφών ($35\% < J < 66\%$). Το ανάγλυφο της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδωνα, φαίνεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3: Ανάγλυφο της υδρολογικής λεκάνης του χειμάρρου Κραυσίδωνα (Φασούλα 2007).

2.1.3 Γεωλογικά – εδαφολογικά στοιχεία

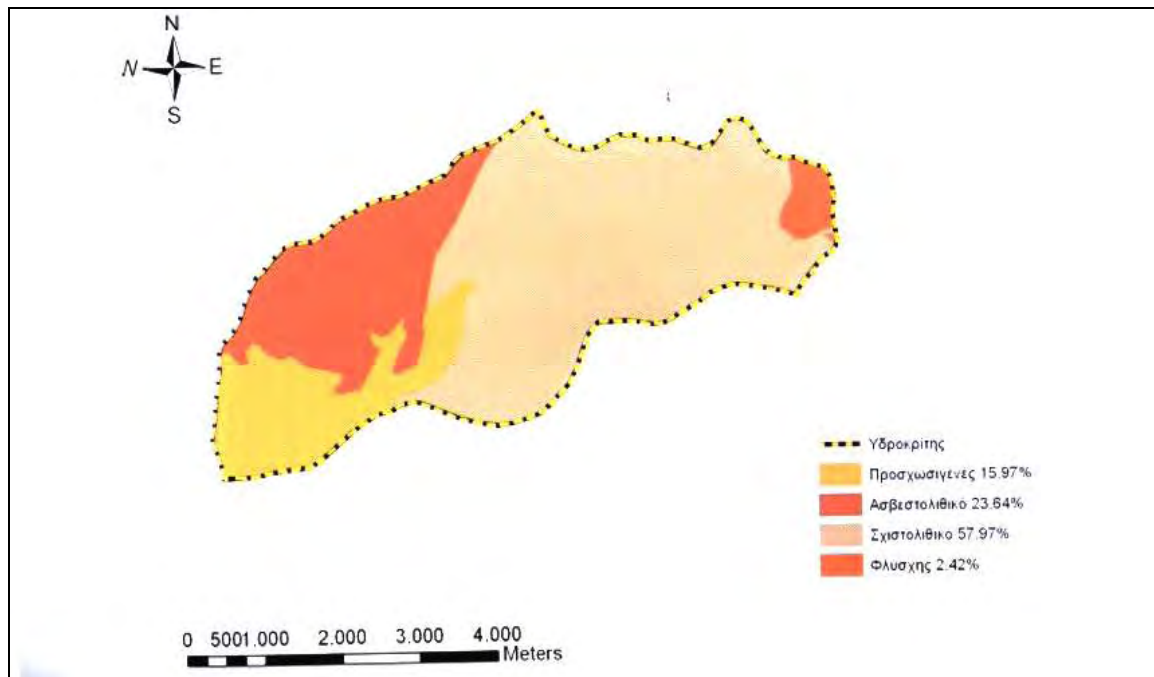
Για τον υπολογισμό του γεωλογικού υποθέματος, χρησιμοποιήθηκε από την Φασούλα (2007), το πρόγραμμα ArcView 9.1, το οποίο βοήθησε στην ψηφιοποίηση των γεωλογικών χαρτών 1:50000 του Ι.Γ.Μ.Ε.

Το είδος των πετρωμάτων καθώς επίσης και το ποσοστό κατανομής τους στη λεκάνη απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα, φαίνονται στον Πίνακα 2.

Το γεωυπόθεμα των λεκανών διαμορφώνεται από τα πετρώματα που το συγκροτούν. Για να γίνει όμως ακριβής εκτίμηση του είδους, της έντασης και της έκτασης των χειμαρρικών φαινομένων, τα πετρώματα ταξινομούνται με βάση την ευπάθεια τους στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, σε ευρύτερους χειμαρρικούς σχηματισμούς.

Πίνακας 2: Έκταση και κατανομή των πετρωμάτων του Κραυσίδωνα (Φασούλα 2007).

A/A	Πετρολογικός σχηματισμός	Έκταση (Km ²)	Ποσοστό κατανομής (%)
1	Σχιστολιθικός	11,22	57,96
2	Ασβεστολιθικός	4,58	23,65
3	Προσχωσιγενής	3,09	15,96
4	Φλυσχικός	0,47	2,43
	Σύνολο	19,36	100,00

**Εικόνα 4:** Κατανομή των πετρολογικών σχηματισμών της υδρολογικής λεκάνης του χειμάρρου Κραυσίδωνα (Φασούλα 2007).

Ο κυριότερος πετρολογικός σχηματισμός της λεκάνης απορροής του χειμάρρου είναι σχιστολιθικός (τύπου G), ενώ απαντώνται τρεις πετρολογικοί σχηματισμοί με έκταση πάνω από 15%, επομένως η λεκάνη ως προς το γεωυπόθεμα,

είναι μικτή. Έτσι, η λεκάνη του Κραυσίδωνα ανήκει στο σχιστολιθικό και ασβεστολιθικό σχηματισμό.

Η κατανομή των πετρολογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής του χειμάρρου απεικονίζεται στην Εικόνα 4.

Όσον αφορά τα χειμαρρικά περιβάλλοντα αυτά ταξινομούνται σε διάφορα χωροδιαστήματα ανάλογα με το υπερθαλάσσιο ύψος των λεκανών απορροής ως εξής:

- Χειμαρρικό περιβάλλον I: από 0 έως 1000μ (ολική επίδραση δάσους)
- Χειμαρρικό περιβάλλον II: από 1001 έως 2000μ (μερική επίδραση δάσους)
- Χειμαρρικό περιβάλλον III: από 2001 έως 3000μ (αλπική ζώνη)
- Χειμαρρικό περιβάλλον IV: από 3001μ και πάνω (μόνιμο χιόνι)

Το χειμαρρικό περιβάλλον του Κραυσίδωνα ανήκει στο χωροδιάστημα II, διότι το υπερθαλάσσιο ύψος της λεκάνης απορροής του, βρίσκεται μεταξύ 1001-2000μ. (Στεφανίδης 1990, Φασούλα 2007).

2.1.4 Μετεωρολογικά-κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής του Βόλου χαρακτηρίζεται ως εύκρατο, ενώ η θάλασσα ασκεί ευεργετική επίδραση στη διακύμανση της θερμοκρασίας μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, αλλά και μεταξύ ημέρας και νύχτας. Γενικά, ο χειμώνας μπορεί να χαρακτηριστεί ψυχρός και βροχερός, η άνοιξη ψυχρή τους πρώτους μήνες, το καλοκαίρι ζεστό με υψηλή σχετική υγρασία, και το φθινόπωρο ήπιο και αρκετά βροχερό. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του είναι 16,2°C, με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο, με μέση τιμή 6,6°C και θερμότερο μήνα τον Ιούλιο, με μέση τιμή 31,0°C.

Όσον αφορά τις ορεινές περιοχές, στα δημοτικά διαμερίσματα της

Μακρινίτσας και της Πορταριάς, κατά τη διάρκεια του Χειμώνα επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, με έντονες βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται σε 600 - 1200 mm. Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας της μέσης μηνιαίας κατανομής του ετήσιου ύψους βροχής, σύμφωνα με τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Βόλου (Πίν. 3) και της Μακρινίτσας (Πίν. 4).

Πίνακας 3: Το ύψος της βροχόπτωσης (mm) κατά την δεκαετία 1999-2009, από το μετεωρολογικό σταθμό του Βόλου (Κέντρο Φυτοπροστασίας Βόλου)

ΜΗΝΑΣ	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Μ.Ο.
ΙΑΝ.	24,1	31,5	81,1	18,5	120	72,6	105	133	7,3	5,6	81,3	61,8
ΦΕΒΡ.	43,5	32,3	16,3	10,6	74,3	30,2	59	27,1	31,2	42	30,6	36,1
ΜΑΡΤ.	64,2	30,9	11,1	106	33,2	29,8	24,2	63	23,6	18,2	37,2	40,1
ΑΠΡ.	17,2	5,2	95,9	58,4	31,7	33,7	54,3	28,9	6,6	48,6	15,2	36,0
ΜΑΙ.	4,6	24,4	59,1	9,7	36,9	39,8	31,5	31	50,5	10,2	19,7	28,9
ΙΟΥΝ.	3,4	2,9	1,5	16	14,6	62	10,2	58,4	28,2	14,1	15,5	20,6
ΙΟΥΛ.	17,5	4,2	29,6	56,4	29,3	0,8	0,4	29,7		25,4	11	20,4
ΑΥΓ.	6,4		23,7	19,6	4,4	5	12,2	0,9	8,2	78,4	10	16,9
ΣΕΠΤ.	42,6	35,5	3,7	96,3	22,6	24,7	44,4	48,1	38	77,1	61,7	45,0
ΟΚΤ.	73,4	47,4	15,3	29	60,8	18,8	42,4	352	41,8	43,3	92,4	74,3
ΝΟΕ.	125	56	120	53,3	20,3	16,6	74,9	37,2	114	38,1	30,8	62,4
ΔΕΚ.	72,6	10,2	269	114	136	48,3	37,1	13,1	33,7	157	19,7	82,8
Σύνολο	494	280,5	726	588	584	382	495	823	383	558	425	521,8

Παρατηρήθηκε ότι ο μέσος όρος της συνολικής βροχόπτωσης κατά την τελευταία δεκαετία ανέρχεται στα 521,8 mm. Ο μήνας με τη μικρότερη βροχόπτωση είναι ο Αύγουστος με 16,9 mm, ενώ ο μήνας με τη μεγαλύτερη βροχόπτωση είναι ο Δεκέμβριος με 82,8 mm.

Πίνακας 4: Το ύψος της βροχόπτωσης για την δεκαετία 2000-2010, από το μετεωρολογικό σταθμό της Μακρινίτσας (ΔΕΚΕ, Περιφέρεια Θεσσαλίας)

ΕΤΟΣ	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	115	45	203,5	328,7	197,8	357,2	7,6	12,5	72,4	71,2
ΦΕΒΡΟΥΑΡ.	27,7	18,3	242	90,1	182,4	104,1	52,4	86,2	57,7	46,1
ΜΑΡΤΙΟΣ	14,9	161,1	66,1	48,4	64,1	78,2	37,2	45,6	19,7	25,5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	138,6	87,1	72,6	54	82	44,8	7,4	58,1	20,8	8,4
ΜΑΪΟΣ	101,7	21,4	114,3	53,6	42	40	76,1	12,8	17,8	81
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	15,2	37	78	15,2	48,7	32,1	24	9,6	54,8
ΙΟΥΛΙΟΣ	14,8	55,7	56,5	0	0	67,7	0	25,8	20	6,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	42,9	70,1	24,8	26,4	10,8	0	11,4	129,3	35	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡ.	4,8	160,6	35,1	65,8	71,8	65,9	0	145,9	88,8	131
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	25,3	31,2	80,1	22,7	89	471,7	54,9	53,3	192,2	103,2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	242,2	54,9	61,5	20,9	88,5	52,4	169,6	61,8	40,1	24,8
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	457,3	130,4	274,5	66,9	68,4	25,6	95,9	191,4	476,6	31,8
ΣΥΝΟΛΟ	1185	851	1268	855,5	912	1356	544,6	846,7	1051	584,6

2.1.5 Χλωρίδα – Πανίδα

Χλωρίδα

Οι διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες της υδρολογικής λεκάνης, εξαιτίας και της μεγάλης υψομετρικής διαφοράς μεταξύ του χαμηλότερου και υψηλότερου σημείου της, συμβάλλουν στη βιοποικιλότητα της περιοχής (Λημναίος 2010).

Σε μελέτη του τμήματος Βιολογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Παρχαρίδου και συν. 2004), έγινε καταγραφή της χλωρίδας του χειμάρρου Κραυσίδωνα από την εκβολή του ως τους πρόποδες του Πηλίου, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο αυτοί λειτουργούν ως βιολογικοί διάδρομοι για τους φυτικούς οργανισμούς. Συνολικά, καταγράφηκαν 416 αυτοφυή taxa του αθροίσματος των

Σπερματόφυτων, ενώ συναντάται το ενδημικό είδος *Centaurea pelia* (κενταύριο). Στη συνολική χλωρίδα κυριαρχούν τα μεσογειακά αυτόχθονα taxa και ως προς τις βιοτικές μορφές, τα θερόφυτα και τα ημικρυπτόφυτα. Συνολικά καταγράφηκαν 76 αλλόχθονα taxa (18,2%), κυρίως αμερικανικής και ασιατικής προέλευσης.

Οι παρατηρούμενες μεταβολές από τις εκβολές προς τους πρόποδες του Πηλίου (τάση μείωσης της συμμετοχής των θεροφύτων), φαίνονται να σχετίζονται με τον βαθμό ανθρώπινης παρέμβασης στο χείμαρρο (εγκιβωτισμός της κοίτης του). Αν και η χλωριδική σύνθεση απομακρυσμένων τμημάτων (από τις εκβολές προς τους πρόποδες του Πηλίου) εμφανίζει έντονες διαφορές, εντούτοις λειτουργεί ως βιολογικός διάδρομος για τα αυτοφυή φυτά (Παρχαρίδου και συν. 2004).

Στον ορεινό όγκο της λεκάνης, εκτείνεται πυκνό δάσος οξιάς σε σημαντικό ποσοστό, χαρακτηρίζοντας την επικρατούσα βλάστηση της συγκεκριμένης περιοχής. Συναντώνται επίσης, δάση από βελανιδιές αλλά και μεμονωμένοι σχηματισμοί από φτελιές, ιτιές, λεύκες, κέδρα, έλατα, αλλά και ορισμένα οπωροφόρα δέντρα όπως μηλιές, αχλαδιές, καρυδιές, κερασιές, βυσσινιές, δαμασκηνιές κ. ά. Παρατηρούνται επίσης, πλατάνια και σκλήθρα δίπλα στις ρεματιές (Λημναίος 2010).

Όσον αφορά τα βότανα που φυτρώνουν στην περιοχή του Πηλίου, είναι ευρέως διαδεδομένη η τεράστια ποικιλία τους, γεγονός που κατατάσσει την περιοχή ως μία από τις πλουσιότερες στην Ελλάδα με αξιοσημείωτα ιαματικά είδη. Χαρακτηριστικά αναφέρονται τα είδη κενταύριο ή χειρώνιο, το στραμώνιο, το κώνειο, αλλά και τα γνωστά μέντα, τίλιο, ρίγανη, θυμάρι, φασκόμηλο, λεβάντα κ. ά. (Λημναίος 2010).

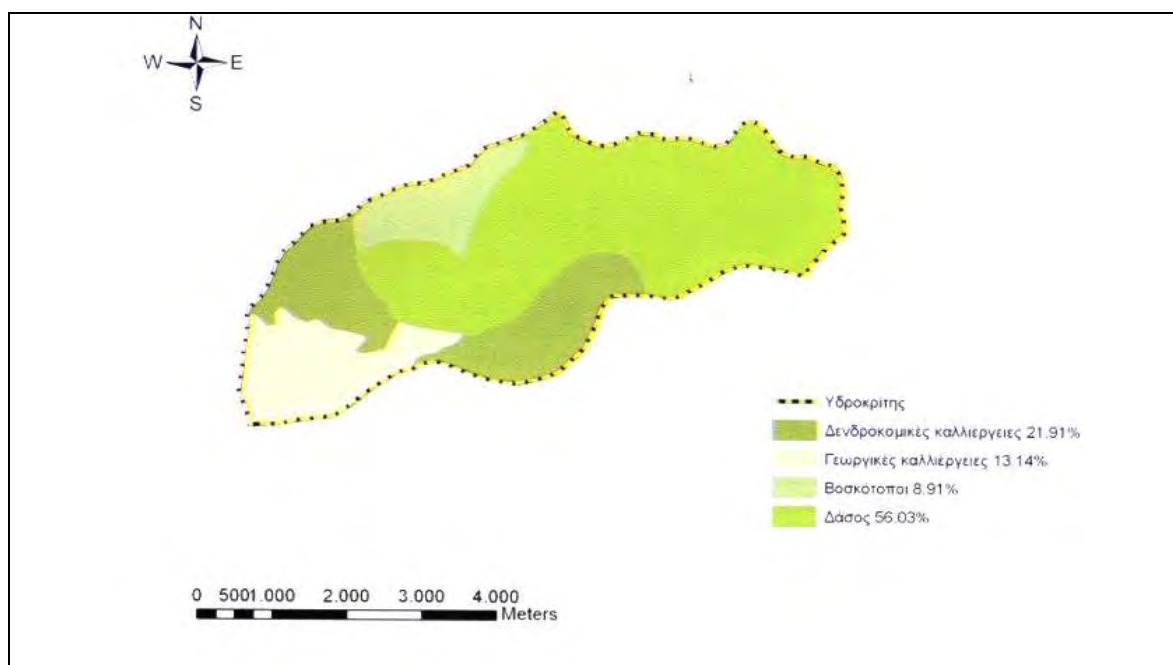
Για τον προσδιορισμό της βλάστησης χρησιμοποιήθηκε από την Φασούλα (2007) ο δασικός χάρτης 1:200000, του Νομού Μαγνησίας της Δασικής

Υπηρεσίας Βόλου και ο χάρτης χρήσεων γης, κλίμακάς 1:50000, της βάσης του Corine (Εικ 5).

Η κατανομή των μορφών χρήσης γης της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδωνα καθώς και οι αντίστοιχες εκτάσεις τους δίνονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Έκταση και κατανομή μορφών χρήσης γης της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδωνα (Φασούλα 2007).

A/A	Μορφές χρήσης γης	Έκταση (Km ²)	Ποσοστό κατανομής (%)
1	Δάσος οξιάς	10,85	56,05
2	Δενδροκομικές καλλιέργειες	4,24	21,90
3	Γεωργικές καλλιέργειες	2,55	13,17
4	Βοσκότοποι	1,72	8,88
	Σύνολο	19,36	100,00



Εικόνα 5: Κατανομή μορφών χρήσης γης της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Κραυσίδωνα (Φασούλα 2007).

Πανίδα

Περιλαμβάνει πολλά είδη, όπως μεγάλη ποικιλία πουλιών (ημερόβια και νυχτόβια αρπακτικά) και θηλαστικών (φυτοφάγα, τρωκτικά και μικρά σαρκοφάγα).

Από τα θηλαστικά που συναντώνται τα πιο γνωστά είναι το αγριογούρουνο (*Sus scrofa*), η αλεπού (*Vulpes vulpes*), ο λύκος (*Canis lupus*), το τσακάλι, το κουνάβι ο σκαντζόχοιρος (*Erinaceus concolor*), ο λαγός (*Lepus europeus*), ο τυφλοπόντικας, ο μαυροπόντικας (*Rattus rattus*), το πετροκουνάβι (*Martes foina*), ο ασβός (*Meles meles*), η νυφίτσα (*Mustela nivalis*), το ζαρκάδι (*Capreolus capreolus*), η νυχτερίδα, η βίδρα (*Lutra lutra*), ο σκίουρος (*Sciurus vulgaris*).

Έχουν επίσης καταγραφεί πολλά είδη ασπόνδυλων, ορισμένα από τα οποία είναι σπάνια όπως τα είδη *Lucanus cervus* και *Cordulegaster heros* (Εικ. 6 και 7). Στο έδαφος έρπουν φίδια, σαύρες και χελώνες, ενώ συναντώνται σπάνια και προστατευόμενα είδη αμφιβίων και ερπετών, όπως τρία είδη Φρύνου (Φρύνος ο κοινός, Χωματόφρυνος, Πρασινόφρυνος), Γραικοχελώνα, Ονυχοχελώνα, τρία είδη βατράχου, τέσσερα είδη σαύρας και φίδια (Δενδρογαλιά, Τυφλίτης, Σαΐτα, Οχιά, και δύο είδη Νερόφудου).



Εικόνα 6: *Lucanus cervus*



Εικόνα 7: *Cordulegaster heros*

Στο Πήλιο συναντάμε ορισμένα σπάνια είδη ζώων όπως τα παρακάτω:

- Πασχαλίτσα (*Coccinella septempunctata*)
- Χελώνα (*Testudo graeca*)
- Πεταλούδα (*Vanessa atalanta*, *Iphiclides podalirius*, *Polygonia progne*, *Lasiommata maera*)
- Άλογο (*Equus caballus*)
- Δενδρότσιχλα (*Turdus viscivorus*)

Τέλος, συναντώνται πολλά μεταναστευτικά είδη σ' όλο το Πήλιο.

Όσον αφορά την ορνιθοπανίδα της περιοχής υπάρχει μια μεγάλη πληθώρα ειδών με ελάχιστα μόνο να αναφέρονται όπως ο αετομάχος (*Lanius collurio*), το αηδόνι (*Luscinia megarhynchos*), η γαλιάντρα (*Melanocorypha calandra*), η γερακίνα (*Buteo buteo*), το δενδρογέρακο (*Falco subbuteo*), ο δρυοκολάπτης (*Denndrocopos sp.*), η κίσσα, (*Garrulus glandarius*), ο κότσυφας (*Turdus merula*), ο μελισσοφάγος (*Merops apiaster*), η μπεκάτσα (*Scolopax rusticola*), η νερόκοτα (*Gallinula chloropus*), η πετροπέρδικα (*Alectoris graeca*), ο σπίνος (*Fringilla coelebs*), ο σταυραετός (*Hiaraetus pennatus*), ο τσαλαπετεινός (*Upupa epops*), το φανέτο (*Carduelis cannabina*), ο χρυσαετός (*Aquila chrysaetos*), το μπεκατσίνι (*Gallinago gallinago*), το ορτύκι (*Coturnix coturnix*), το σαΐνι (*Accipiter nisus*) (Λημναίος 2010).

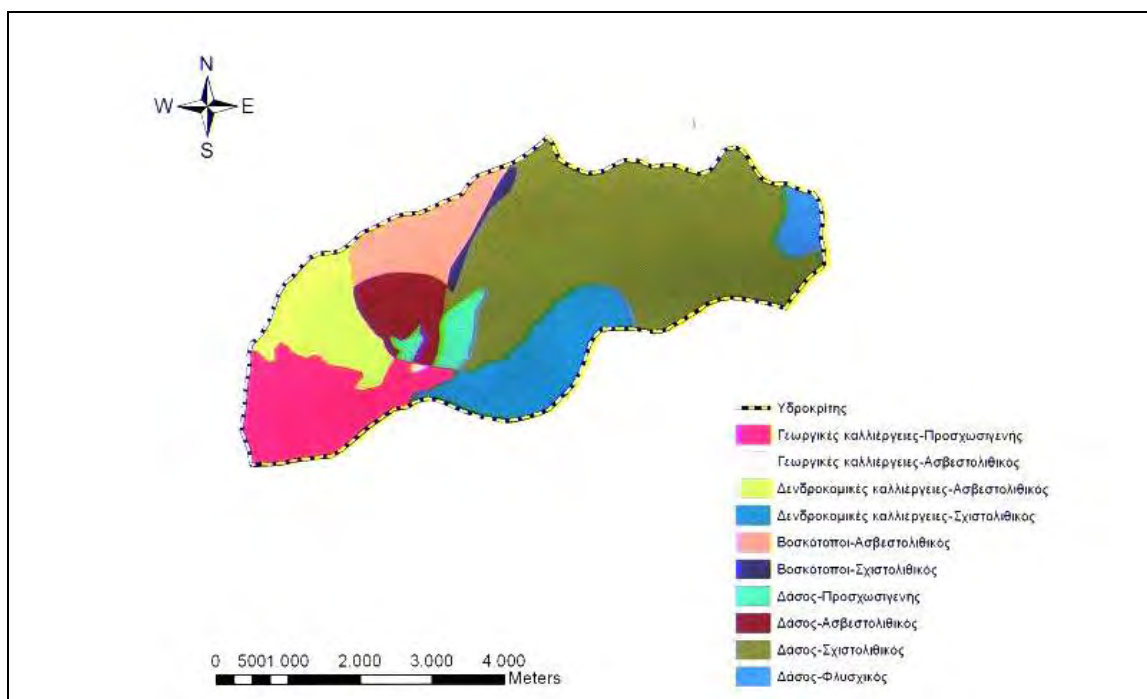
2.1.6 Χειμαρρικό περιβάλλον

Το χειμαρρικό περιβάλλον μιας λεκάνης απορροής επηρεάζεται από το ανάγλυφο, τη βλάστηση, το γεωλογικό υπόθεμα και το κλίμα.

Ο συνδυασμός των παραγόντων αυτών στο χώρο καθορίζει το

χειμαρρικό περιβάλλον ή δυναμικό, που χαρακτηρίζει κάθε λεκάνη απορροής. Ανάλογα με το είδος και την ένταση του χειμαρρικού δυναμικού, επιταχύνεται ή επιβραδύνεται η εξέλιξη των μορφογενετικών μηχανισμών και καθορίζεται το είδος, η ένταση και η έκταση των χειμαρρικών φαινομένων. Με βάση αυτά τα δεδομένα, διαμορφώνονται τα μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών (Σαπουντζής 2005).

Με βάση στοιχεία που συγκέντρωσε η κ. Φασούλα (2007), κάνοντας χρήση του χάρτη βλάστησης κλίμακας 1:200000 του νομού Μαγνησίας της Δασικής Υπηρεσίας Βόλου, των γεωλογικών χαρτών κλίμακας 1:50000 του Ι.Γ.Μ.Ε. και του χάρτη εδαφοκάλυψης κλίμακας 1:50000 του νομού Μαγνησίας του Ινστιτούτου χαρτογράφησης Δασικών Εδαφών, κατασκευάστηκε-γραφικά-χάρτης που παρουσιάζει τις ζώνες βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού της συγκεκριμένης υδρολογικής λεκάνης. Ο χάρτης αυτός ψηφιοποιήθηκε μέσω προγράμματος ArcView 9.1 (Εικ. 8).



Εικόνα 8: Ζώνες βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού της υδρολογικής λεκάνης του Κρανσίδα (Φασούλα 2007).

Οι ζώνες βλάστησης – πετρολογικού σχηματισμού της υδρολογικής λεκάνης του χειμάρρου Κραυσίδωνα δίνονται στον Πίνακα 6 που ακολουθεί:

Πίνακας 6: Ζώνες κατανομής βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδωνα (Φασούλα 2007).

A/A	Κατηγορίες κατανομής Βλάστησης-πετρολογικού σχηματισμού	Έκταση (Km ²)	Ποσοστό κατανομής (%)
1	Δάσος-σχιστολιθικό	8,85	45,74
2	Γεωργικές καλλιέργειες-προσχωσιγενής	2,52	13,02
3	Δενδροκομικές καλλιέργειες-Σχιστολιθικός	2,35	12,16
4	Δενδροκομικές καλλιέργειες-Ασβεστολιθικός	1,89	9,75
5	Βοσκότοποι-Ασβεστολιθικός	1,67	8,63
6	Δάσος-Ασβεστολιθικός	0,98	5,05
7	Δάσος-Προσχωσιγενής	0,55	2,83
8	Δάσος-Φλυσχικός	0,47	2,42
9	Βοσκότοποι-Σχιστολιθικός	0,06	0,28
10	Γεωργικές καλλιέργειες-Ασβεστολιθικός	0,02	0,12
	Σύνολο	19,36	100,00

2.2 Δειγματοληψία

Πραγματοποιήθηκαν μηνιαίες δειγματοληψίες που έλαβαν χώρα από τον Ιανουάριο έως τον Ιούνιο του 2011, διάστημα κατά το οποίο ο χείμαρρος διέθετε ικανοποιητική υδατοπαροχή. Σε διαστήματα έντονης βροχόπτωσης αλλά και χιονόπτωσης (από 1 Μαρτίου μέχρι 30 Μαΐου), η συχνότητα των δειγματοληψιών ήταν

μεγαλύτερη (ανά 15 ημέρες), προκειμένου να διαπιστωθεί το επίπεδο της μικροβιακής μόλυνσης, κάτω από όσο το δυνατόν περισσότερες διαφορετικές κλιματικές και υδρολογικές συνθήκες.

Επιλέχθηκαν 3 σταθμοί δειγματοληψίας, ενώ πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες και από έναν τέταρτο σταθμό, όταν η στάθμη του νερού το επέτρεπε. Η επιλογή των σταθμών έγινε με βάση τα εξής κριτήρια: α) ικανοποιητική απόσταση μεταξύ τους, β) διαφορετικά υψόμετρα, γ) αποστάσεις από κατοικημένες περιοχές, δ) γειτνίαση με πιθανές σημειακές πηγές. Με βάση τα παραπάνω κριτήρια επιλέξαμε με σειρά από μεγαλύτερα προς μικρότερα ύψη, τους σταθμούς, με συντεταγμένες όπως φαίνεται και στην εικόνα (1) του παραρτήματος:

st1: N 39°23.464 E 22°58.692, σε υψόμετρο 232 μέτρα,

st2: N 39°23.057 E 22°58.488, σε υψόμετρο 150 μέτρα,

st3: N 39°22.748 E 22°57.806, σε υψόμετρο 70 μέτρα,

st4: N 39°22.595 E 22°57.097, σε υψόμετρο 29 μέτρα.

Περιγραφή των σταθμών δειγματοληψίας

Ο σταθμός 1 (st1) απέχει αρκετά (πάνω από 2000μ) από πιθανές σημειακές πηγές, όπως είναι οι αποχετεύσεις των κατοικημένων περιοχών που βρίσκονται ανάντη του σημείου, και συγκεκριμένα της Πορταριάς και της Μακρινίτσας. Ο σταθμός 2 (st2) βρίσκεται κατάντη ενός ποιμνιοστασίου, σε σχετικά μικρή απόσταση από αυτό (γύρω στα 200μ), ο σταθμός 3 (st3) σε θέση αρκετά κοντά (γύρω στα 150μ) στην είσοδο του χειμάρρου στο πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου, όπου η κοίτη είναι πλέον εγκιβωτισμένη. Τέλος, ο σταθμός 4 (st4) εντοπίζεται σε θέση κάτω από έναν πολυπληθή οικισμό, όπου η ύπαρξη σκουπιδιών εντός της κοίτης του χειμάρρου είναι συνηθισμένο φαινόμενο.

Για να εξασφαλισθεί η αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων, η συλλογή έγινε από τα σημεία εκείνα, όπου το νερό αναμιγνύεται καλά. Παράλληλα, δόθηκε ιδιαίτερη μέριμνα ώστε να μην υπάρχει καμία απόκλιση από τις προγραμματισμένες θέσεις συλλογής, για όλες τις δειγματοληψίες. Οπουδήποτε ήταν πρακτικά εφαρμόσιμο, τα δείγματα συλλέχθηκαν από το κέντρο της υδατοπαροχής, δεδομένου ότι αυτό μειώνει την πιθανότητα ενδεχόμενης επιμόλυνσης, λόγω φαινομένων όπως τοπική επίδραση των πρανών, διήθηση του νερού από τα κοντινά χώματα, διάβρωση της όχθης, συγκέντρωση ατμοσφαιρικών συστατικών από μικρο-απορροές, η συγκέντρωση γύρης κ.λ.π. Επίσης, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε να αποφευχθεί η λήψη αφρού ή του επιφανειακού φιλμ του νερού το οποίο συγκεντρώνει επιπλέοντα συστατικά ρύπους, αλλά και μικρόβια και οι οποίοι όμως δεν είναι αντιπροσωπευτικοί της κύριας μάζας του νερού. Όπου οι συνθήκες πρόσβασης ήταν ασφαλείς, το δείγμα λαμβάνονταν σε βάθος 20-30 cm κάτω από την επιφάνεια του νερού (Γούναρη 2010).



Εικόνα 9: Γραφική αναπαράσταση εισόδου στο νερό με σκοπό την δειγματοληψία

Τα δείγματα νερού (εις τριπλούν) αποθηκεύονταν σε επισημασμένα και αποστειρωμένα φιαλίδια μιας χρήσης, χωρητικότητας 100 ml και αφού τοποθετούταν σε ισοθερμική τσάντα με παγοκύστες, μεταφέρονταν στο εργαστήριο Ιχθυολογίας και Υδροβιολογίας του Τμήματος, για να ακολουθήσει η εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων, μέσα σε χρονικό διάστημα δύο ωρών από τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Σε κάθε δειγματοληψία, λαμβάνονταν οι τιμές της θερμοκρασίας του νερού, του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, της αγωγιμότητας και του pH. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν *in situ* με φορητά όργανα μέτρησης, η συγκέντρωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου και η θερμοκρασία του νερού με το WTW Oxi330i, το pH και η αγωγιμότητα του νερού με το CONSORT C531.

2.3 Μεθοδολογία

2.3.1 Αρχή των μεθόδων

Η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε στο εργαστήριο Ιχθυολογίας και Υδροβιολογίας ήταν η μέθοδος των διηθητικών μεμβρανών, μιας και τα δείγματα του νερού που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, ήταν διαυγή απαλλαγμένα φερτών υλικών.

Γενικά οι πιστοποιημένοι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό των υδάτων βάσει της ποιότητας τους, είναι δύο:

1. Η μέθοδος των πολλαπλών σωληναρίων (Most Probable Number Method). Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά δύσχρηστη, αλλά σε περιπτώσεις παχύρρευστων υγρών ή νερών με πολλά φερτά υλικά είναι η μόνη ενδεδειγμένη, αφού πραγματοποιούνται πολλές αραιώσεις (ISO 9308-2:1990), (Εικ. 10).



Εικόνα 10: Η μέθοδος των πολλαπλών σωληναρίων

2. Η μέθοδος των διηθητικών μεμβρανών (Membrane Filters Method).

Είναι η ακριβέστερη και η πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος ανάλυσης και χαρακτηρισμού της μικροβιολογικής ποιότητας υδάτων (ISO 9308-1:2000) (Νταρακάς 2009).

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο (Εικ. 11), συγκεκριμένος όγκος δείγματος (συνήθως 100ml), διηθείται υπό πίεση κενού διαμέσου αποστειρωμένης μεμβράνης με διάμετρο πόρων 0,45μm. Ακολούθως, η μεμβράνη τοποθετείται πάνω στο θρεπτικό υλικό που έχουμε προηγουμένως εκχύσει μέσα σε τρυβλίο και ακολουθεί επώαση. Η επώαση λαμβάνει χώρα σε επωαστικούς θαλάμους σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες (37°C και 44°C) και χρονικά διαστήματα (24h -72h), ανάλογα με το είδος των μικροβιακών δεικτών που επιθυμούμε να ανιχνεύσουμε την ύπαρξή τους, όπου κάθε μικροοργανισμός σχηματίζει κατά τη διάρκεια της επώασης αποικίες (colony forming units, cfu). Τέλος, γίνεται καταμέτρηση των αποικιών που θα αναπτυχθούν ώστε να γίνει ακριβής προσδιορισμός του μικροβιακού φορτίου. Η καταμέτρηση των αποικιών

(cfu) καθώς και η αναγωγή του αριθμού των στο δείγμα του νερού έγινε σύμφωνα με την ΑΡΗΑ (1995).



Εικόνα 11: Η μέθοδος των διηθητικών μεμβρανών

2.3.2. Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το Spearman test όσον αφορά τη συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων, ενώ η διερεύνηση διαφοροποιήσεων μεταξύ σταθμών και δειγματοληψιών έγινε ακολουθώντας την τεχνική General Linear Model (GLM). Οι παραπάνω αναλύσεις έγιναν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS.17.0.

2.3.3. Χρήση δεικτών για την προέλευση της μόλυνσης

Χρησιμοποιήθηκαν οι αναλογίες των κοπρανωδών προς τα ολικά

κολοβακτηρίδια (FC/TC), καθώς επίσης των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων προς τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους (FC/FS). Υπολογίσθηκαν και οι μέσες τιμές των μικροβιακών δεικτών, που αντιστοιχούν στις συνολικές δειγματοληψίες για όλους τους μήνες που πραγματοποιήθηκε η έρευνα και όχι σε κάθε μέτρηση χωριστά, ώστε να προκύψουν πιο σαφή συμπεράσματα.

2.3.4 Θρεπτικά υλικά

Τα θρεπτικά υλικά-υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν προτείνονται από την APHA (1995) και είναι τα ακόλουθα:

Για την καλλιέργεια των ολικών κολοβακτηριοειδών (total coliforms), χρησιμοποιήθηκε το θρεπτικό υλικό MF-Endo Broth, (Biolife Italiana Srl) το οποίο αποτελεί ένα εκλεκτικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη αυτών των μικροοργανισμών. Η τυπική ποσότητα των συστατικών που περιέχονται σε 48 γραμμάρια θρεπτικού υλικού είναι:

Τυπικό σχήμα/συγκέντρωση	(gr/l)
Τρυπτόνη	5,0g
Πεπτόνη	5,0g
Τρυπτόζη	10,0g
Εκχύλισμα μαγιάς	1,5g
Λακτόζη	12,5g
Χλωριούχο Νάτριο	5,0g
Όξινο φωσφορικό νάτριο	4,375g
Δισόξινο φωσφορικό νάτριο	1,375g
Θειώδες Νάτριο	2,1g
Δεοξυχολικό Νάτριο	0,1g
Sodium Lauryl sulphate	0,05g
Βασική Φουξίνη	1,05g
Σύνολο	48gr

Το παραπάνω μίγμα των 48gr αναμιγνύεται με 20ml αιθανόλης και στη συνέχεια διαλύεται σε 1000ml απεσταγμένο νερό.

Για την καλλιέργεια των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών (fecal coliforms), χρησιμοποιήθηκε το θρεπτικό υλικό M-FC Broth with Rosolic Acid (Biolife Italiana Srl). Η τυπική ποσότητα των συστατικών που περιέχονται σε 50 γραμμάρια θρεπτικού υλικού είναι:

Τυπικό σχήμα/συγκέντρωση	(gr/l)
Τρυπτόζη	10,0g
Peptocomplex	5,0g
Εκχύλισμα μαγιάς	3,0g
Χλωριούχο Νάτριο	5,0g
Λακτόζη	12,5g
Bile Salts N.3	1,5g
Aniline Blue	0,1g
Agar	13,0g
Rosolic Acid	1,0g
Σύνολο	50g

50 gr από το παραπάνω μίγμα διαλύονται σε 1000ml απεσταγμένο νερό (χωρίς την προσθήκη ροσολικού οξέος). Ακολούθως, προστίθενται 10ml ροσολικού οξέος, διάλυμα 10% σε Καυστικό Νάτριο 0,2N.

Για την καλλιέργεια των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων (fecal streptococci), χρησιμοποιήθηκε το θρεπτικό υλικό KF Streptococcus Broth. (Biolife Italiana Srl). Η τυπική ποσότητα των συστατικών που περιέχονται σε 54,6 gr θρεπτικού υλικού είναι:

Τυπικό σχήμα/συγκέντρωση	(gr/l)
Peptocomplex	10,0g
Εκχύλισμα μαγιάς	10,0g
Χλωριούχο Νάτριο	5,0g
Na Glycerophosphate	10,0g
Μαλτόζη	20,0g
Λακτόζη	1,0g
Sodium Azide	0,4 g
Brom Cresol Purple	0,015g
Σύνολο	56,4 g

Το παραπάνω μίγμα των 56,4g διαλύεται σε 1000ml απεσταγμένο νερό.

Όσον αφορά την καλλιέργεια και τον υπολογισμό του αριθμού της ολικής μικροβιακής χλωρίδας στους 22°C και 37°C, χρησιμοποιήθηκε το θρεπτικό Tryptone Soy Agar (TSA) (LABM, Lancashire, U.K.) το οποίο παρασκευάστηκε στο εργαστήριο χρησιμοποιώντας τα παρακάτω συστατικά:

Τρυπτόνη	7,5g
Soy peptone	2,5g
Χλωριούχο Νάτριο	2,5g
Άγαρ	6,0g
Σύνολο	18,5g

18,5gr του μίγματος διαλύθηκαν σε 500ml απιονισμένο και αποστειρωμένο νερό. Το θρεπτικό υλικό τοποθετήθηκε σε αποστειρωμένα τρυβλία και σε ποσότητα 20gr ανά τρυβλίο και ακολούθως διατηρήθηκε στο ψυγείο.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Αποτελέσματα

Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα της έρευνας. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των εξεταζόμενων παραμέτρων ανάλογα με τον σταθμό και την χρονική περίοδο.

Πίνακας 7: Φυσικοχημικές και μικροβιολογικές παράμετροι του νερού του Κραυσίδωνα, κατά τη διεξαγωγή της έρευνας, από τον Ιανουάριο έως τον Ιούνιο του 2011.

ΔΕΙΓ/ΣΤΑΘΜΟΣ		ST1	ST2	ST3	ST4
31/01/2011	pH	8,2	8,3	8,2	
	Αγωγιμότη.	285	265	293	
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	7,1	7,55	7,9	
	Θερμοκ. Νερού (°C)	11,1	11,4	11,9	
	TC (cfu/100ml)	760	158	137	
	FC (cfu/100ml)	377	69	81	
	FS (cfu/100ml)	125	204	146	
	OMX(37°C)	80	1113	663	
	OMX(22°C)	765	2500	3150	
	FC/TC	0,5	0,44	0,59	
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	0,83	0,83	0,83	
23/02/2011	pH	8,3	8,4	8,4	
	Αγωγιμότη.	296	278	295	
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	6,3	7,1	7,36	
	Θερμοκ. Νερού (°C)	7,3	7,3	7,8	
	TC (cfu/100ml)	61	48	253	
	FC (cfu/100ml)	26	5	108	
	FS (cfu/100ml)	4	6	53	
	OMX(37°C)	800	260	555	
	OMX(22°C)	6000	2000	1600	
	FC/TC	0,43	0,10	0,43	
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	0,9	0,9	0,9	
18/03/2011	pH	8,2	8,4	8,2	8,3
	Αγωγιμότη.	286	295	261	275
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	6,18	6,1	6,1	4,3
	Θερμοκ. Νερού (°C)	11,8	12	12,9	18,8
	TC (cfu/100ml)	232	52	135	670
	FC (cfu/100ml)	94	27	24	230

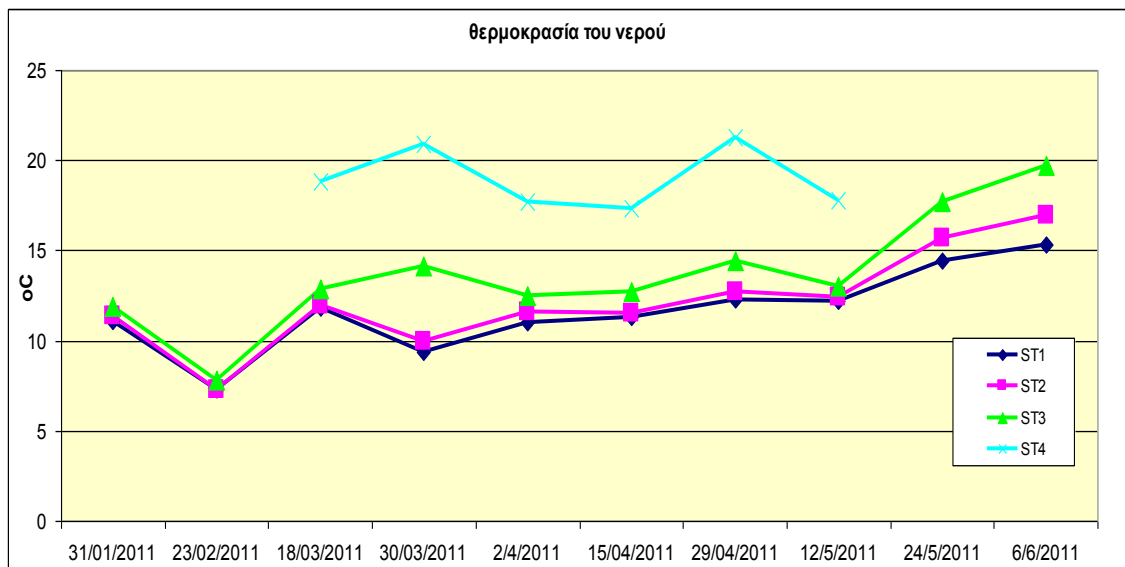
	FS (cfu/100ml)	6	2	2	32
	OMX(37°C)	710	1130	1190	1770
	OMX(22°C)	6000	6000	6000	6000
	FC/TC	0,41	0,52	0,18	0,34
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	1	1	1	1
30/03/2011	pH	8,3	8,1	8,3	7,9
	Αγωγιμότη.	277	299	261	307
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	7	6,9	6,9	6,8
	Θερμοκ. Νερού (°C)	9,4	10	14,1	20,9
	TC (cfu/100ml)	58	85	145	350
	FC (cfu/100ml)	1	2	1	14
	FS (cfu/100ml)	0	5	8	125
	OMX(37°C)	168	160	690	2860
	OMX(22°C)	773	1044	2967	6500
	FC/TC	0,02	0,02	0,01	0,04
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	1	1	1	1
2/4/2011	pH	8	8,2	8,3	8,2
	Αγωγιμότη.	203	247	262	278
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	8,4	9,8	8,4	5,7
	Θερμοκ. Νερού (°C)	11	11,6	12,5	17,7
	TC (cfu/100ml)	49	190	47	700
	FC (cfu/100ml)	5	0	0	480
	FS (cfu/100ml)	45	6	43	48
	OMX(37°C)	217	633	766	2500
	OMX(22°C)	993	2900	3166	6700
	FC/TC	0,10	0	0	0,69
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	1,43	1,43	1,43	1,43
15/04/2011	pH	8,4	8,4	8,7	8,7
	Αγωγιμότη.	269	287	281	277
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	8,1	7,7	8,7	8,6
	Θερμοκ. Νερού (°C)	11,3	11,5	12,7	17,3
	TC (cfu/100ml)	85	385	88	95
	FC (cfu/100ml)	3	155	41	59
	FS (cfu/100ml)	3	2	1	141
	OMX(37°C)	180	3500	3500	587
	OMX(22°C)	684	1225	5500	1450
	FC/TC	0,04	0,40	0,47	0,62
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	1	1	1	1
29/04/2011	pH	8,6	8,4	8,7	8,8
	Αγωγιμότη.	287	253	261	286
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	7,9	8,3	8	6,6
	Θερμοκ. Νερού (°C)	12,3	12,7	14,4	21,3

	TC (cfu/100ml)	150	115	160	250
	FC (cfu/100ml)	25	6	83	22
	FS (cfu/100ml)	64	10	69	10
	OMX(37°C)	257	303	560	1200
	OMX(22°C)	1190	1233	2050	3067
	FC/TC	0,17	0,05	0,52	0,09
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	0,83	0,83	0,83	0,83
12/5/2011	pH	6,9	8,6	7,4	7,1
	Αγωγιμότη.	415	425	390	335
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	12,1	14,2	14,2	12,65
	Θερμοκ. Νερού (°C)	12,2	12,4	13	17,8
	TC (cfu/100ml)	210	155	250	200
	FC (cfu/100ml)	85	63	57	38
	FS (cfu/100ml)	41	4	18	31
	OMX(37°C)	350	304	640	1465
	OMX(22°C)	1665	1533	2800	4000
	FC/TC	0,40	0,41	0,23	0,19
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	0,63	0,63	0,63	0,63
24/5/2011	pH	8,2	8,1	7,4	
	Αγωγιμότη.	390	395	400	
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	12,1	11,7	11,6	
	Θερμοκ. Νερού (°C)	14,4	15,7	17,7	
	TC (cfu/100ml)	161	184	700	
	FC (cfu/100ml)	85	141	560	
	FS (cfu/100ml)	155	41	950	
	OMX(37°C)	300	1900	3200	
	OMX(22°C)	4550	2050	3225	
	FC/TC	0,53	0,77	0,80	
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	0,5	0,5	0,5	
6/6/2011	pH	8	8,1	7,9	
	Αγωγιμότη.	400	331	400	
	Διαλυμ. Οξ. (ppm)	11,7	11,4	9	
	Θερμοκ. Νερού (°C)	15,3	17	19,7	
	TC (cfu/100ml)	350	411	550	
	FC (cfu/100ml)	34	14	46	
	FS (cfu/100ml)	195	62	290	
	OMX(37°C)	560	503	610	
	OMX(22°C)	1903	1877	2600	
	FC/TC	0,10	0,03	0,08	
	Ταχύτ. Ροής (m/sec)	0,5	0,5	0,5	

3.1.1 Χρονική κατανομή

Διακύμανση φυσικοχημικών παραμέτρων

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η χρονική κατανομή της θερμοκρασίας του νερού, για κάθε ένα σταθμό χωριστά.

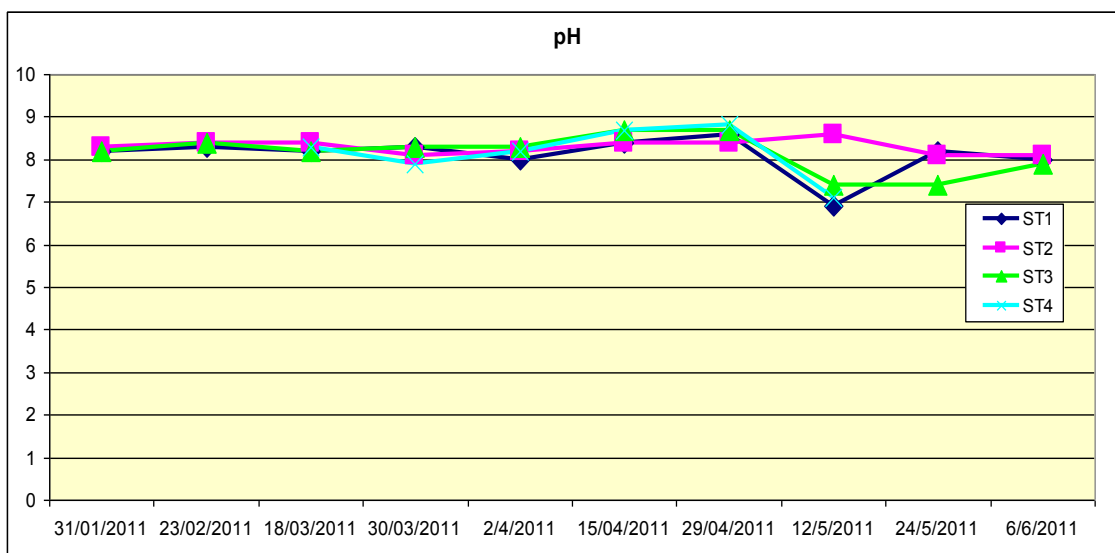


Σχήμα 1: Μεταβολή των τιμών της θερμοκρασίας του νερού σε σχέση με το χρόνο και για τους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας

Παρατηρήθηκε, μία σημαντική μεταβολή της θερμοκρασίας τόσο μεταξύ των δειγματοληψιών, όσο και από σταθμό σε σταθμό. Έτσι, υπάρχουν τιμές κοντά στους 7°C για όλους τους σταθμούς το Φεβρουάριο, αλλά και τιμές πάνω από 20°C προς το τέλος των μετρήσεων με αυξημένη και τη θερμοκρασία του αέρα, λόγω εποχής, τον Ιούνιο.

Από το γενικό γραμμικό μοντέλο (GLM ανάλυση) προκύπτει ότι όσον αφορά τη θερμοκρασία του νερού υπάρχει διαφορά τόσο ανάμεσα στους σταθμούς ($p < 0,05$, $F = 61,72$), όσο και ανάμεσα στους μήνες ($p < 0,05$, $F = 14,35$).

Στο Σχήμα 2 που ακολουθεί αποτυπώνεται η μεταβολή της τιμής του pH για όλες τις δειγματοληψίες και για όλους τους σταθμούς.

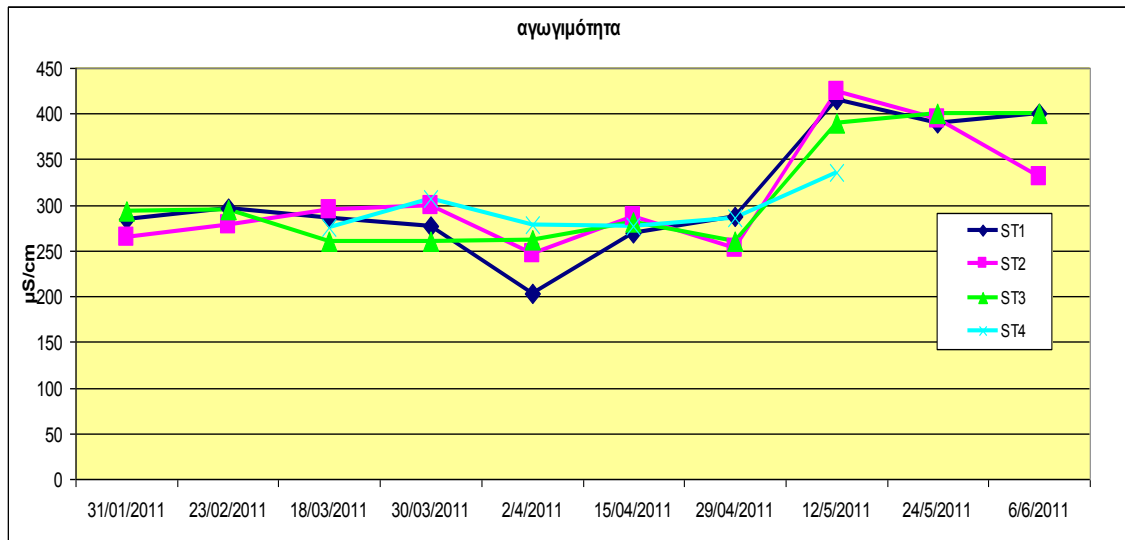


Σχήμα 2: Μεταβολή της τιμής του pH σε σχέση με το χρόνο και για τους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας

Παρατηρήθηκε ότι η τιμή του pH σε σχέση με το χρόνο μεταβάλλεται και κυμαίνεται από 6,9 η ελάχιστη τιμή του κατά τη δειγματοληψία της 12/5/2011 για το σταθμό 1, μέχρι τη μέγιστη τιμή 8,8 κατά τη δειγματοληψία της 29/4/2011 για το σταθμό 4.

Από την GLM ανάλυση προκύπτει ότι όσον αφορά την τιμή του pH, υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους μήνες ($p < 0,05$, $F = 27,32$) αλλά δεν προέκυψε διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς ($p > 0,05$, $F = 2,00$).

Η αγωγιμότητα του νερού για όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας και για όλες τις μετρήσεις παρίστανται στο Σχήμα 3.

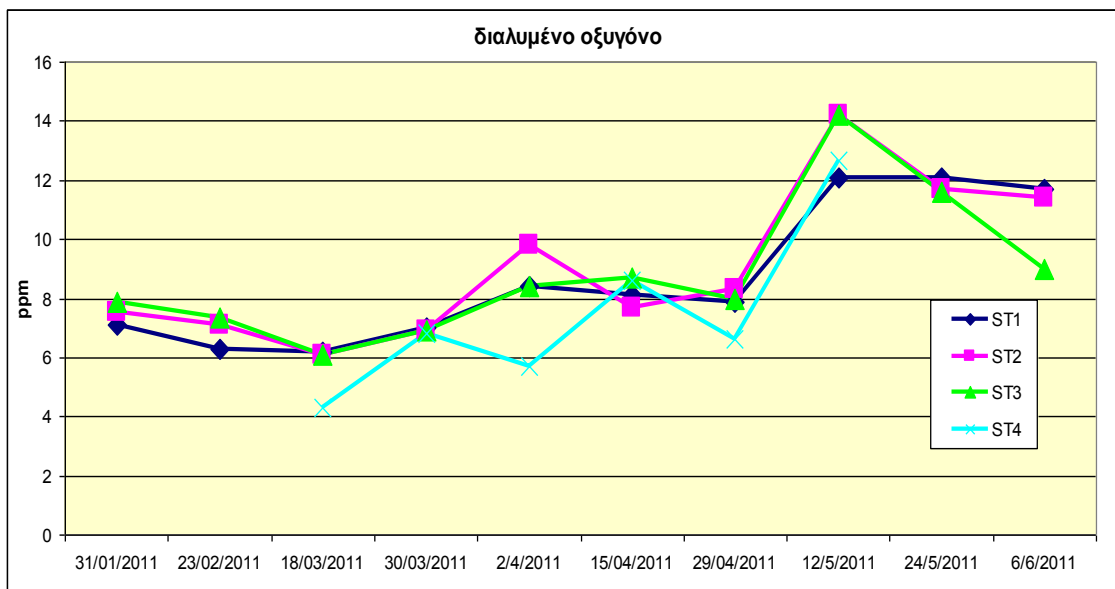


Σχήμα 3: Μεταβολή της τιμής της αγωγιμότητας σε σχέση με το χρόνο και για τους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας

Παρατηρήθηκε ότι η τιμή της αγωγιμότητας κυμαίνεται πάνω από 200 $\mu\text{S/cm}$, ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε λίγο πάνω από 400 $\mu\text{S/cm}$ (12/5/2011). Φαίνεται ότι στη διακύμανση της αγωγιμότητας, υπάρχει τάση αύξησης κατά τις τελευταίες δειγματοληψίες. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τις τελευταίες μετρήσεις (μετά τις 29/4/2011) μειώθηκε σημαντικά ο όγκος του νερού, με αποτέλεσμα να αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων.

Το αποτέλεσμα αυτό ταυτίζεται με αυτό που προέκυψε από το γενικό γραμμικό μοντέλο (GLM) σύμφωνα με το οποίο, ενώ υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους μήνες ($p < 0,05$, $F = 122,56$), δεν προέκυψε διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς ($p > 0,05$, $F = 0,77$).

Στο Σχήμα 4 ακολουθεί η μεταβολή των τιμών του διαλυμένου οξυγόνου για όλες τις δειγματοληψίες και όλους τους σταθμούς.



Σχήμα 4: Μεταβολή της τιμής του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με το χρόνο και για τους τέσσερις σταθμούς δειγματοληψίας

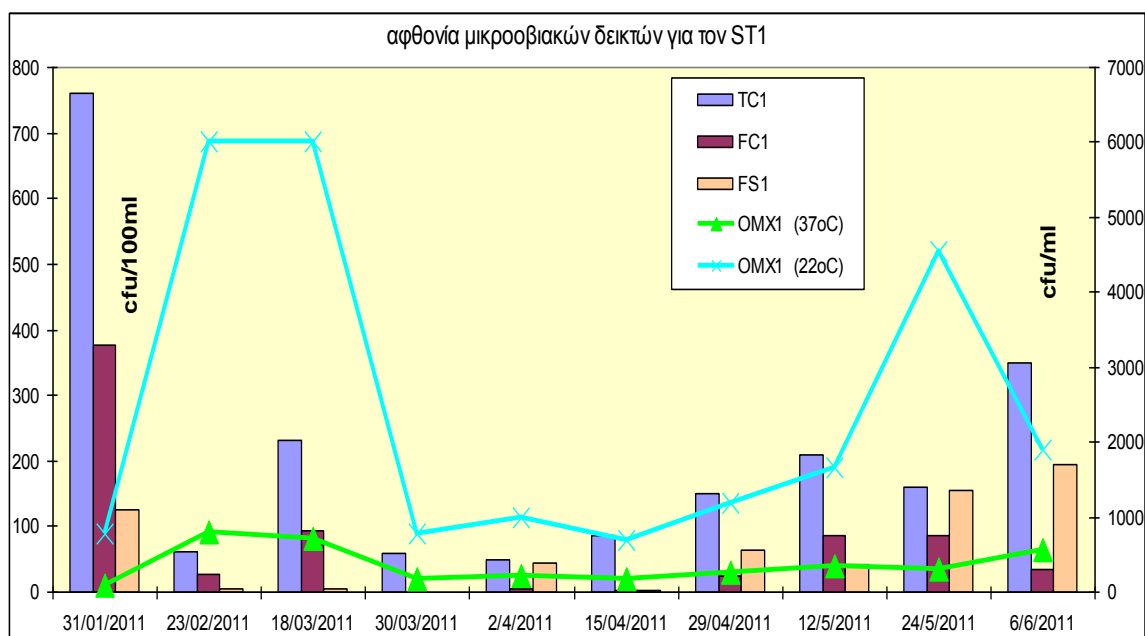
Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου κυμαίνεται από 4,3 ppm κατά την δειγματοληψία της 18/3/2011 στο σταθμό 4, μέχρι τη μέγιστη τιμή 14,2 ppm κατά τις μετρήσεις της 12/5/2011.

Σύμφωνα με την GLM ανάλυση προέκυψε διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς ($p < 0,05$, $F = 3,08$), αλλά και ανάμεσα στους μήνες ($p < 0,05$, $F = 162,28$).

Διακύμανση μικροβιακών δεικτών

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η χρονική διακύμανση της αφθονίας των δεικτών - μικροοργανισμών, για κάθε σταθμό μέτρησης χωριστά. Έτσι, για το σταθμό 1 οι τιμές όλων των μικροβιακών δεικτών μεταβάλλονται χρονικά και αυτό αποτυπώνεται στο Σχήμα 5. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα σχήματα της αφθονίας των μικροοργανισμών είναι της κατηγορίας γραμμής-στήλης διπλής όψης, όπου τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή αλλά και οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι

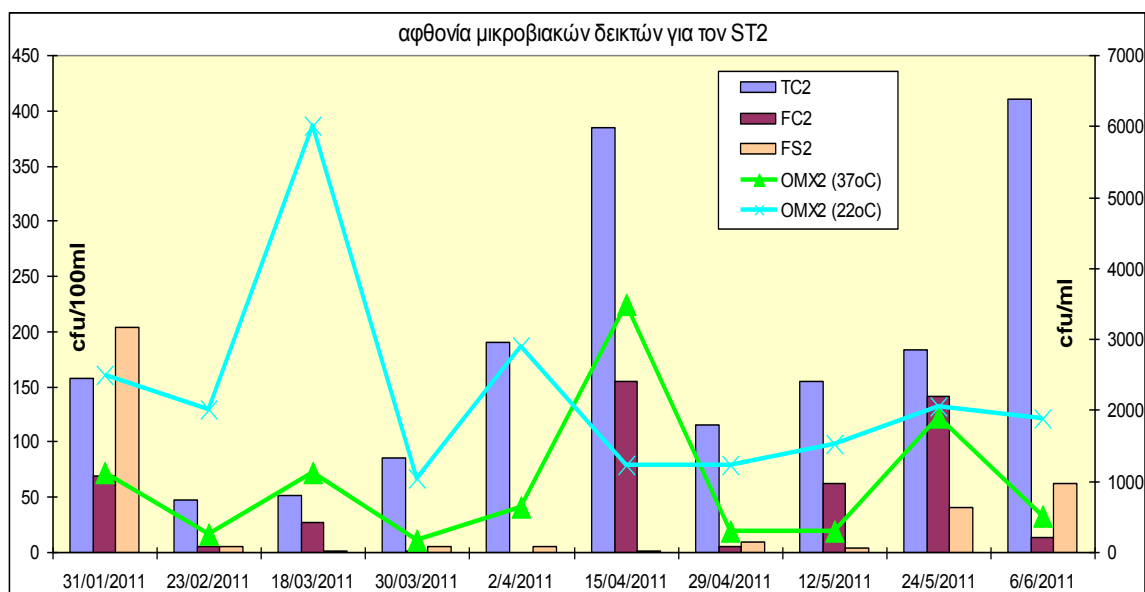
καταμετρώνται από την αριστερή στήλη, ενώ η ολική μικροβιακή χλωρίδα, από την δεξιά.



Σχήμα 5: Μεταβολή της αφθονίας των μικροβιακών δεικτών (TC, FC, FS αλλά και της OMX στους 37° C και 22° C) για το σταθμό 1 για όλες τις δειγματοληψίες.

Μπορεί κανείς εύκολα να παρατηρήσει για το σταθμό 1 ότι η ομάδα των ολικών και κοπρανώδων κολοβακτηριδίων παρουσίασε τη μεγαλύτερη αφθονία τον Ιανουάριο, φτάνοντας την τιμή των 760 cfu/100ml και 377 cfu/100ml αντίστοιχα. Την άνοιξη το προφίλ όλων των μικροβιακών δεικτών κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα, ενώ οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι παρουσίασαν τη μεγαλύτερη ποσότητά τους κατά τον Ιανουάριο αλλά και τους μήνες Μάιο- Ιούνιο, φτάνοντας στην μέγιστη τιμή των 195 cfu/100ml. Τέλος, η ολική μικροβιακή χλωρίδα παρουσίασε δύο μέγιστες τιμές κατά τους μήνες Φεβρουάριο-Μάρτιο, αλλά και τους Μάιο-Ιούνιο.

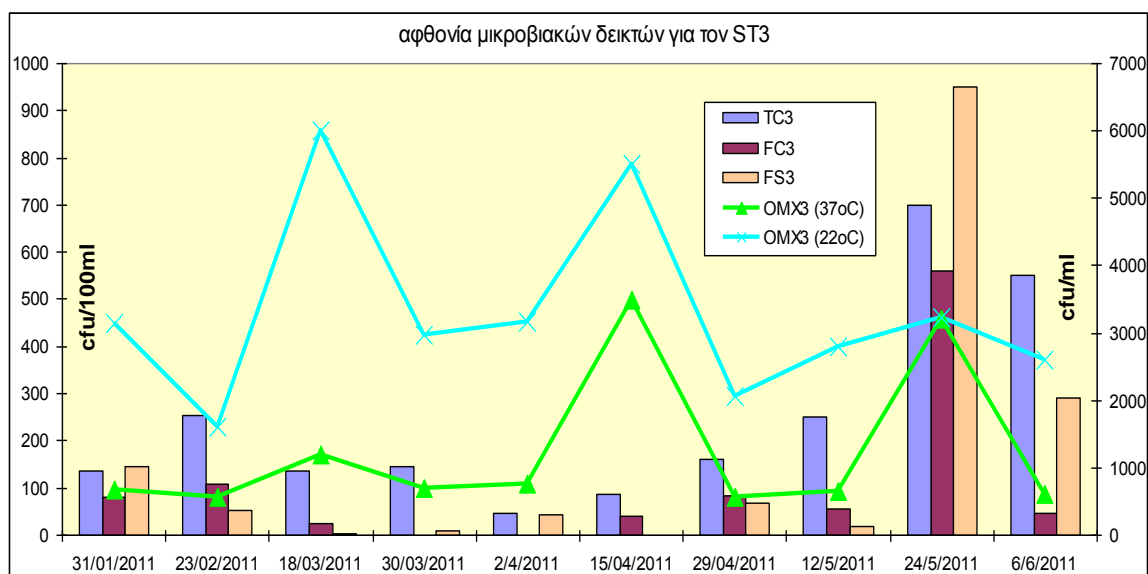
Ακολούθως, η μεταβολή των μικροοργανισμών-δεικτών για το σταθμό 2 παρίσταται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6: Μεταβολή της αφθονίας των μικροβιακών δεικτών για το σταθμό 2.

Από το Σχήμα 6 προκύπτει ότι για το σταθμό 2 η αφθονία των ολικών κολοβακτηριοειδών παρουσίασε τη μεγαλύτερη ποσότητά του τους μήνες Απρίλιο και Ιούνιο, φτάνοντας τη μέγιστη τιμή 411 cfu/100ml. Κατά αντιστοιχία τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή παρουσίασαν τη μέγιστη τιμή τους κατά τον Απρίλιο και το Μάιο. Όσον αφορά τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους ο Ιανουάριος αποτέλεσε το μήνα με τη μεγαλύτερη αφθονία (204 cfu/100ml). Η ετερότροφη μικροβιακή χλωρίδα παρουσίασε διακύμανση όσον αφορά τις μέγιστες τιμές της, ανάλογα με την θερμοκρασία επώασης της (37°C και 22°C). Έτσι, ενώ η OMX στους 22°C είχε την εντονότερη παρουσία κατά τον Μάρτιο, η OMX στους 37°C την εμφάνισε κατά τον Απρίλιο.

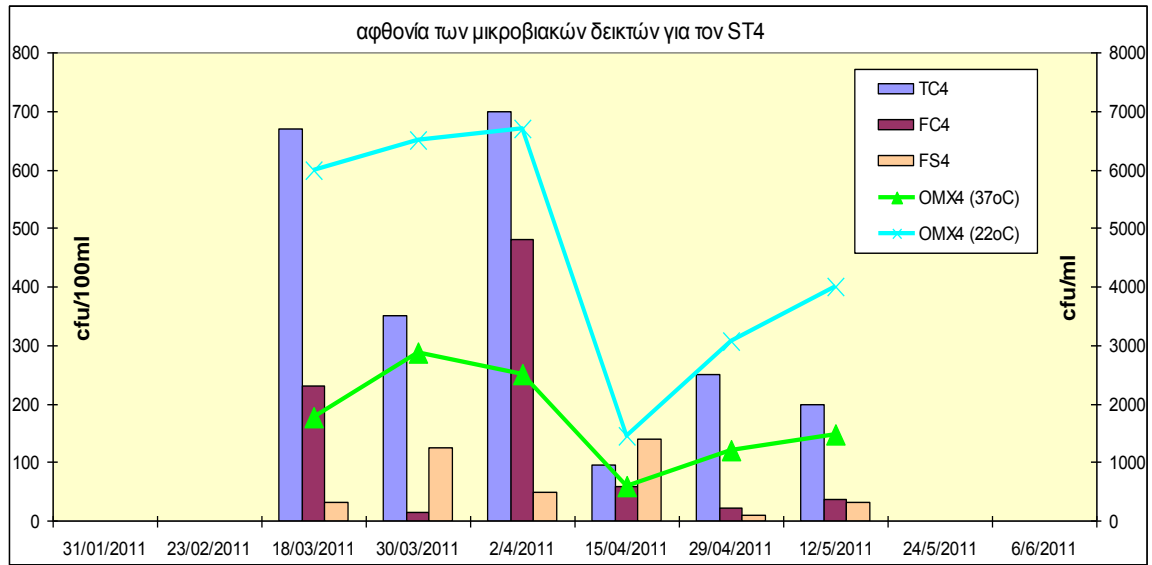
Στο Σχήμα 7 που ακολουθεί, παριστάνεται η μεταβολή των μικροβιακών δεικτών για τον σταθμό 3.



Σχήμα 7: Μεταβολή της αφθονίας των μικροβιακών δεικτών (TC, FC, FS) αλλά και της OMX για το σταθμό 3.

Από το Σχήμα 7 γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η ομάδα των δεικτών μόλυνσης (TC, FC, FS) παρουσίασε αφθονία που κυμάνθηκε από 0 cfu/100ml μέχρι 950 cfu/100ml. Τη μεγαλύτερη απόκλιση παρουσίασαν οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι, ενώ ακολούθησαν τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή. Όσον αφορά το εποχικό προφίλ των μικροβιακών δεικτών, η μεγαλύτερη αφθονία παρουσιάστηκε για τα κοπρανώδη βακτηρίδια τους μήνες Μάιο-Ιούνιο, ενώ για την ετερότροφη μικροβιακή χλωρίδα τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο. Τέλος, αξίζει να παρατηρήσει κανείς ότι κατά το μήνα Μάιο, οι τιμές όλων ανεξαιρέτως των κοπρανωδών βακτηριδίων, παρουσίασαν τη μεγαλύτερη αφθονία.

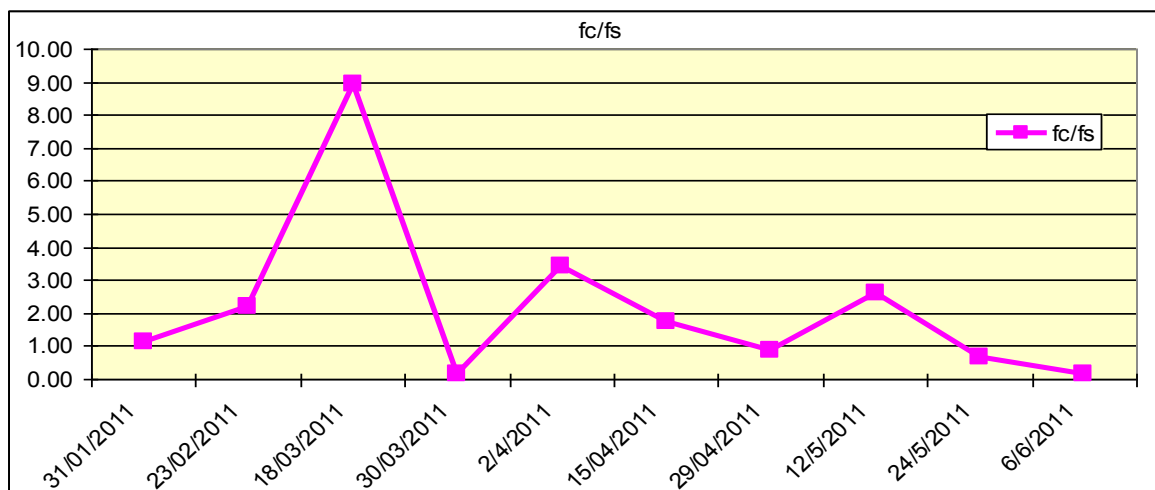
Τέλος, στο Σχήμα 8, παρουσιάζεται η αφθονία των μικροβιακών δεικτών για τον σταθμό 4.



Σχήμα 8: Μεταβολή της αφθονίας των μικροβιακών δεικτών για το σταθμό 4.

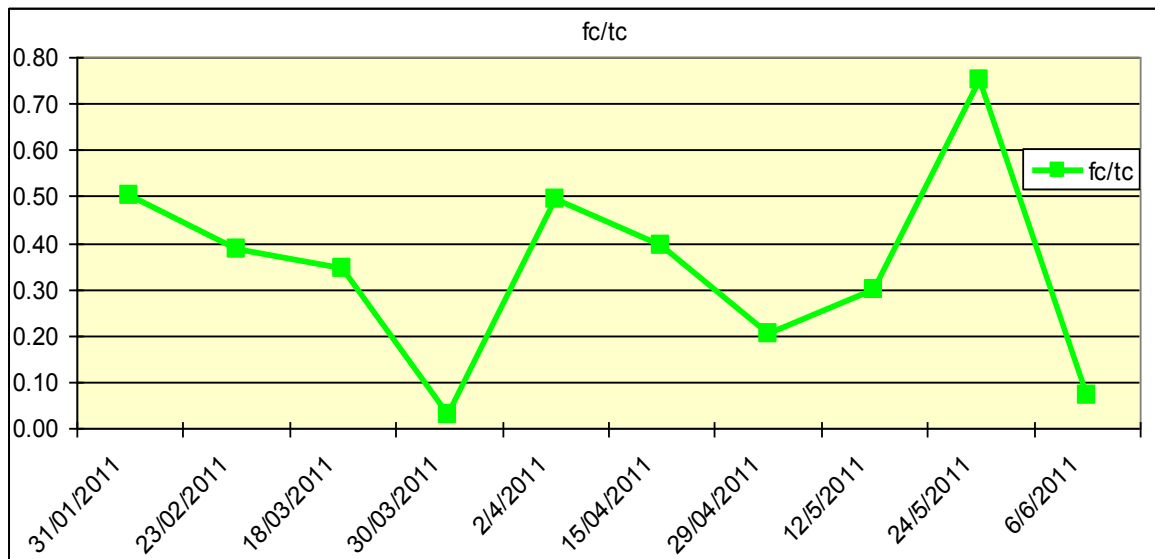
Από τη σχηματική παράσταση για το σταθμό 4 προκύπτει οι όλοι οι μικροβιακοί δείκτες παρουσίασαν τη μεγαλύτερη αφθονία τους κατά το μήνα Μάρτιο σε σχέση με τους μήνες Απρίλιο-Μάιο. Τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηρίδια παρουσίασαν τη μεγαλύτερη ανάπτυξή τους κατά την δειγματοληψία της 2^{ας}/4/2011, φτάνοντας την τιμή των 700 cfu/100ml και 480 cfu/100ml αντίστοιχα, δύο μόνο ημέρες μετά από μία έντονη βροχόπτωση.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εποχιακή κατανομή των λόγων κοπρανώδη προς ολικά κολοβακτηριοειδή (FC/TC), καθώς και κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή προς κοπρανώδη στρεπτόκοκκους (FC/FS), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε, πως και πότε υπήρξε μεγαλύτερη επίδραση, ζωικής ή ανθρώπινης προέλευσης όσον αφορά την κοπρανώδη μόλυνση του υπό εξέταση χειμάρρου και πως αυτό παρίσταται σχηματικά. Από τις τιμές του μέσου όρου των μικροβιακών δεικτών για όλες τις δειγματοληψίες, προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα. Ακολουθεί σχηματική παράσταση του λόγου (FC/FS) (Σχ. 9).



Σχήμα 9: Η μεταβολή του λόγου FC/FS για όλες τις δειγματοληψίες (ως μέσοι όροι)

Παρατηρήθηκε μία ανοδική τάση του λόγου (FC/FS) από τον Ιανουάριο προς το Μάρτιο, και στη συνέχεια μία μείωση των τιμών μέχρι τον Ιούνιο. Ακολουθεί η σχηματική παράσταση της αναλογίας (FC/FS), (Σχ.10).

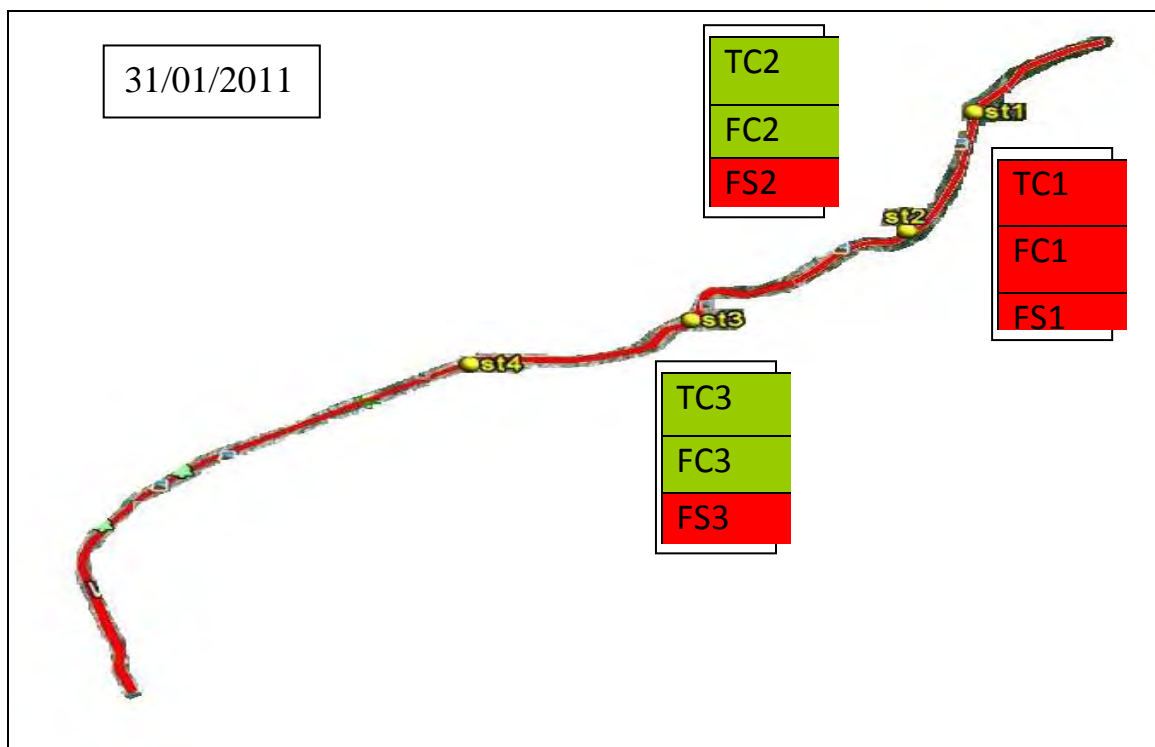


Σχήμα 10: Η μεταβολή του λόγου FC/TC για όλες τις δειγματοληψίες (ως μέσοι όροι)

Ενώ δεν προκύπτει από το διάγραμμα κάποια κανονική κατανομή, εν τούτοις παρατηρούνται δύο ελάχιστες τιμές κατά τις δειγματοληψίες του Απριλίου (την πρώτη) και του Ιουνίου και μία μέγιστη τιμή, κατά τη δειγματοληψία του Μαΐου.

3.1.2 Χωρική κατανομή

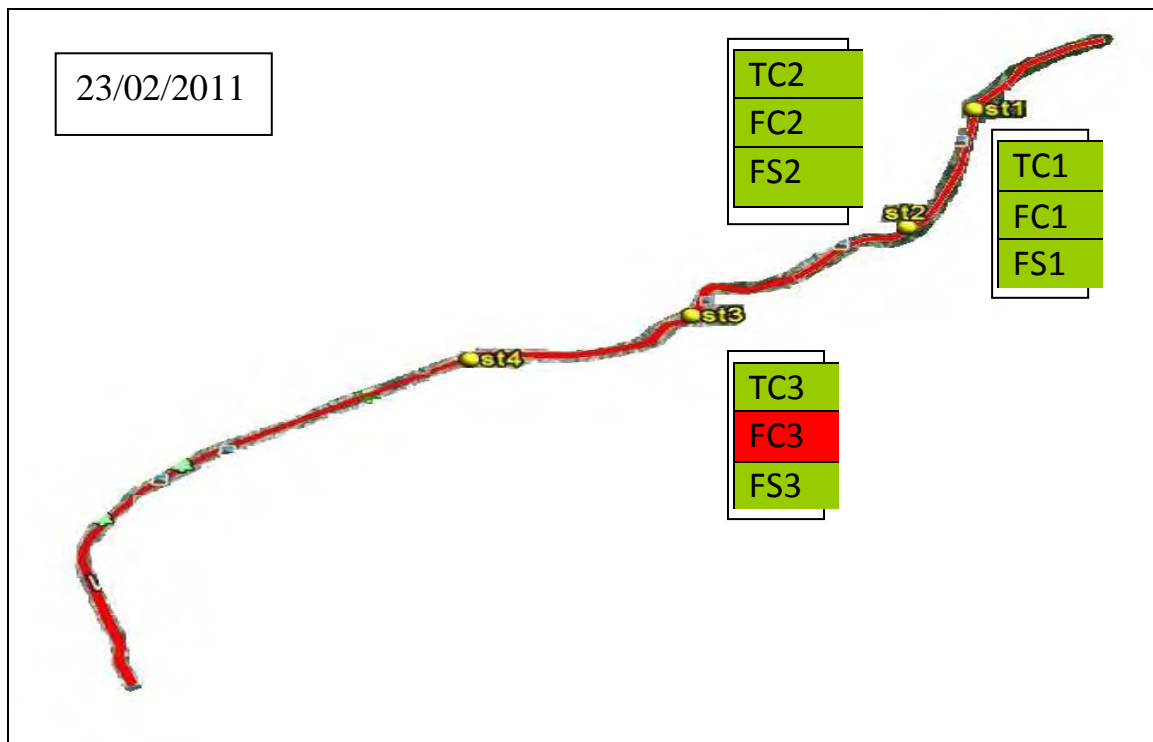
Με σκοπό να αποτυπώσουμε την μικροβιολογική ποιότητα του χειμάρρου Κραυσίδωνα σε συνάρτηση με τη χωρική κατανομή των μελετώμενων μικροοργανισμών υιοθετήσαμε κατάλληλο μοντέλο απεικόνισης. Στο σχήμα παρουσιάζεται με χρωματική απεικόνιση η ποιότητα του κάθε σημείου δειγματοληψίας βασιζόμενη στην Κοινοτική Οδηγία 76/160/EEC. Σε όλα τα σχήματα που θα ακολουθήσουν, οι αριθμοί δίπλα στους μικροβιακούς δείκτες (π.χ. TC1, FC2 κ.λ.π.), αντιστοιχούν στους σταθμούς δειγματοληψίας (π.χ. 1 για τον ST1, 2 για τον ST2 κ.λ.π.). Η ταχύτητα του νερού κατά τη δειγματοληψία του Ιανουαρίου (Σχ. 11), ήταν 0,83 m/sec.



Σχήμα 11: Διακύμανση των μικροβιακών δεικτών και καθορισμός την ποιότητας του νερού με βάση την Κοινοτική Οδηγία 76/160/ECC στα σημεία δειγματοληψίας. (Επεξηγήσεις. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Φαίνεται ότι η ποιότητα του νερού στο σταθμό 1 υπερβαίνει το ανώτατο παραδεκτό όριο σε όλους τους δείκτες και χαρακτηρίζεται ως πολύ επιβαρυσμένος. Ενώ οι σταθμοί 2 και 3 εμφανίζονται να έχουν υπερβεί τα ανώτατα όρια που προβλέπει η Οδηγία, ως προς την αφθονία των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων (FS).

Η κατανομή των δεικτών στον χειμάρρο για την δειγματοληψία του Φεβρουαρίου, αποτυπώνεται στο Σχήμα 2. Αξίζει να σημειωθεί ότι πριν τη διενέργεια της δειγματοληψίας συνέβη έντονη βροχόπτωση αλλά και χιονόπτωση όχι μόνο στο ορεινό τμήμα του Πηλίου, αλλά και μέσα στο πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης του Βόλου. Η ταχύτητα του νερού στα σημεία δειγματοληψίας ήταν 0,9 m/sec.

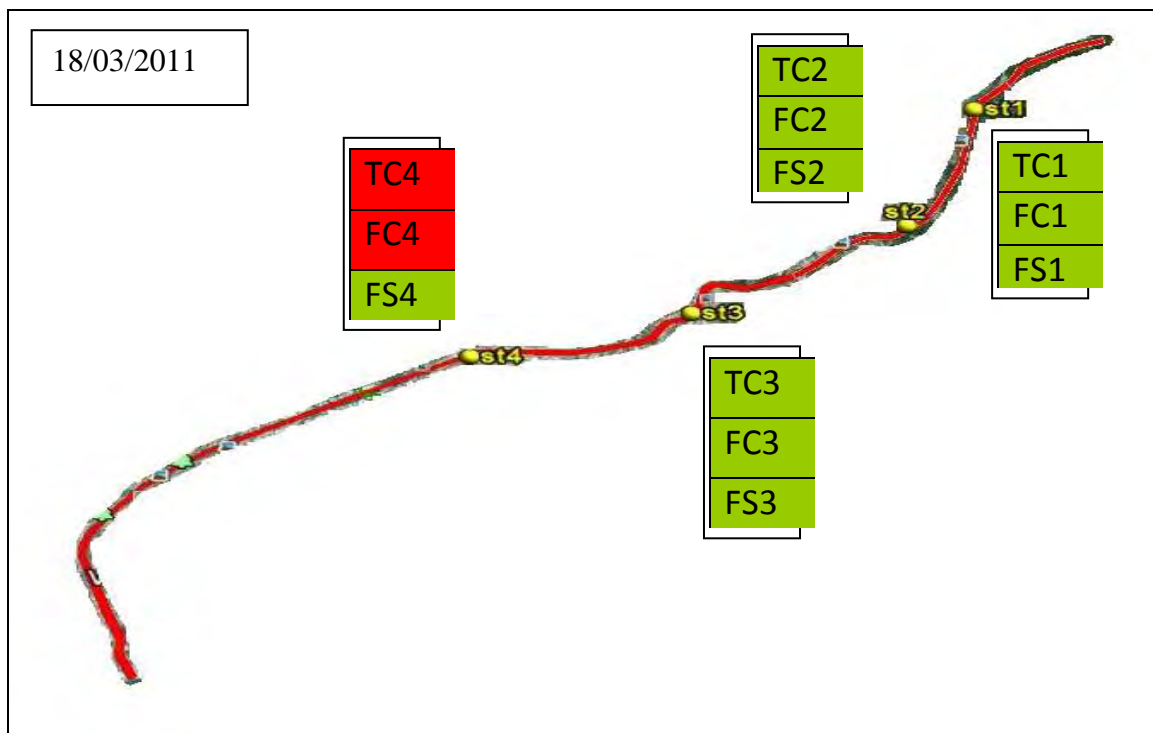


Σχήμα 12: Διακύμανση των μικροβιακών δεικτών και καθορισμός της ποιότητας κατά τη δειγματοληψία του Φεβρουαρίου. (Επεξηγήσεις: Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Από την σχηματική παράσταση φαίνεται καθαρά η επικράτηση των τιμών των μικροβιακών δεικτών κάτω του επιτρεπτού ορίου, έναντι των υπερβάσεων.

Στο σταθμό 3 μόνο τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων έχουν υπερβεί τα όρια που προβλέπει η Κοινοτική Οδηγία.

Κατά την πρώτη δειγματοληψία του Μαρτίου πρέπει να σημειωθεί ότι είχε μεσολαβήσει διάστημα ανομβρίας, ενώ η ταχύτητα του νερού στα σημεία δειγματοληψίας ήταν 1m/sec.



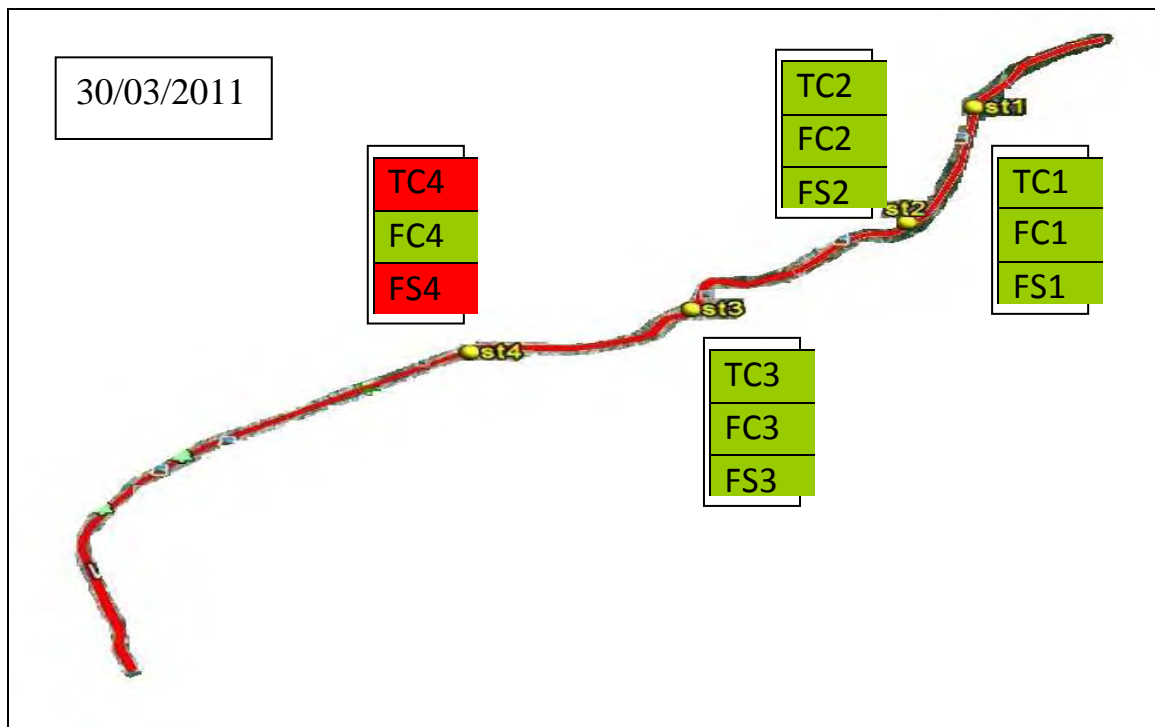
Σχήμα 13: Απεικόνιση των τιμών των μικροβιακών δεικτών της 18/3/2011. (Επεξηγήσεις. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Στο Σχήμα 13 διακρίνεται η ποιότητα του νερού με βάση τους μικροβιακούς δείκτες, για τους τρεις πρώτους σταθμούς, αλλά και οι υπερβάσεις, βάσει της Κοινοτικής Οδηγίας των τιμών, για τον σταθμό 4, όσον αφορά τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είχε βρέξει καθόλου την τελευταία εβδομάδα, ενώ η ταχύτητα του νερού στα σημεία δειγματοληψίας δεν άλλαξε σε σχέση

με την προηγούμενη μέτρηση, κυμαινόμενη στο 1m/sec.

Στο Σχήμα 14 παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών των μικροβιακών δεικτών κατά τη δειγματοληψία της 30/3/2011.



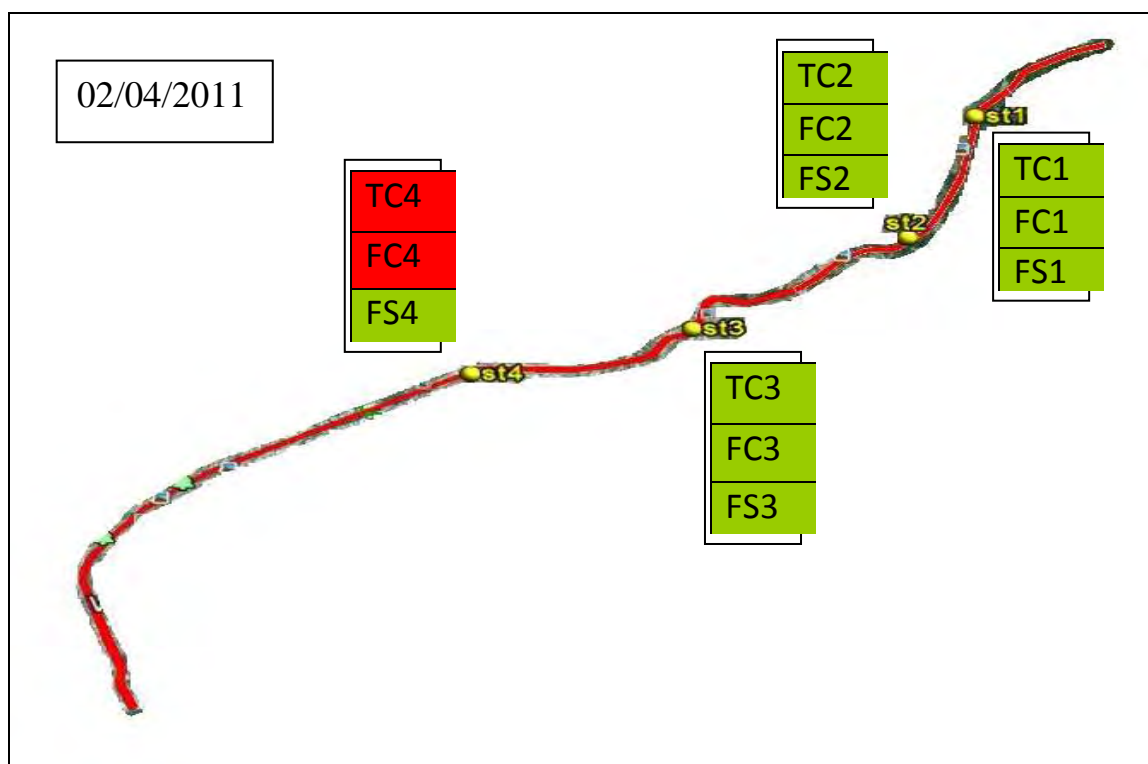
Σχήμα 14: Διακύμανση των μικροβιακών δεικτών και καθορισμός της ποιότητας κατά τη δειγματοληψία της 30/3/2011 (Επεξηγήσεις: Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Παρατηρούμε ότι εξακολουθούν οι μετρήσεις στους τρεις πρώτους σταθμούς να κυμαίνονται εντός επιτρεπτών ορίων, ενώ αντίθετα οι τιμές των ολικών κολοβακτηρίων και των στρεπτόκοκκων κοπράνων για τον σταθμό 4, κυμάνθηκαν πάνω από τα όρια που ορίζει η οδηγία 160/76/EEC.

Η πρώτη δειγματοληψία του Απριλίου, προγραμματίστηκε και συνέπεσε με φαινόμενο έντονης βροχόπτωσης με σκοπό να ελεγχθεί το επίπεδο του μικροβιακού φορτίου, κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα όπως αυτά παρατίθενται στον πίνακα 1, προκύπτει η σχηματική παράσταση του χειμάρρου (Σχ. 15), με τις υπερβάσεις και μη των ορίων, των μικροβιακών δεικτών.

Η ταχύτητα του νερού στα σημεία δειγματοληψίας κατέγραψε την μέγιστη τιμή της, 1,43 m/sec.

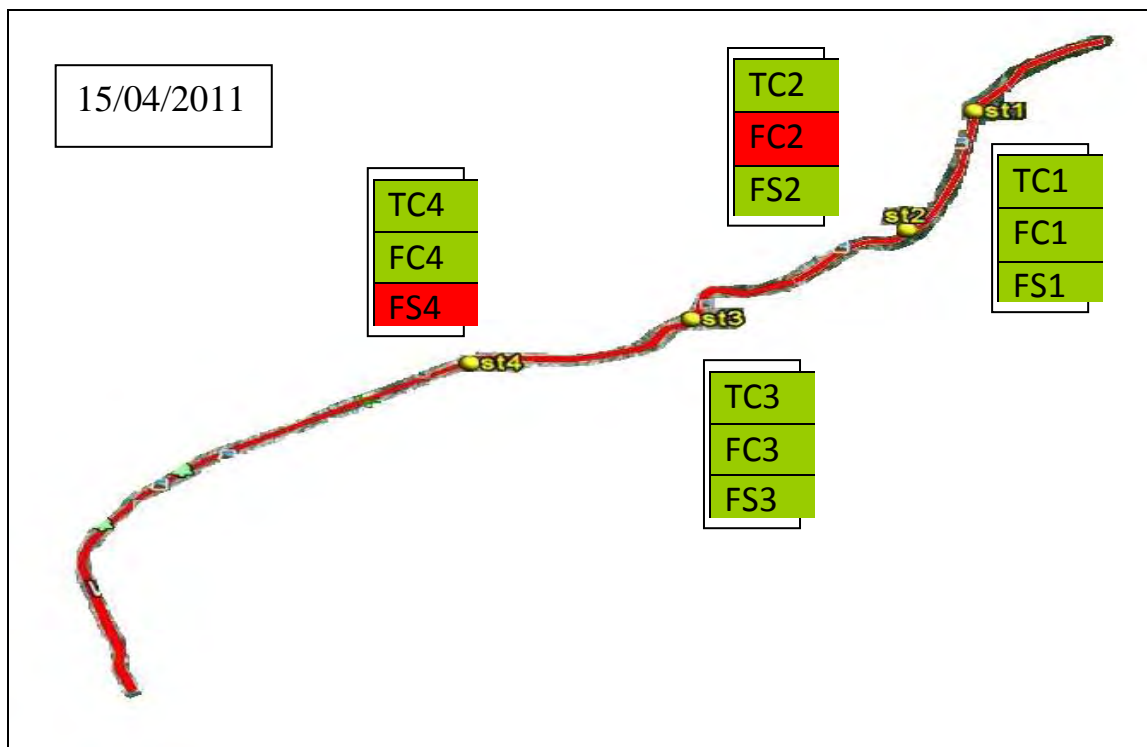


Σχήμα 15: Απεικόνιση των τιμών των μικροβιακών δεικτών της 2/4/2011. (Επεξηγήσεις. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Στο Σχήμα 5 φαίνεται ότι η ποιότητα του νερού για τους τρεις πρώτους σταθμούς, κυμάνθηκε εντός παραδεκτών ορίων βάσει της Κοινοτικής Οδηγίας, αλλά δεν συνέβη το ίδιο και για τον σταθμό 4, όσον αφορά τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή.

Από τη δειγματοληψία του δευτέρου 15-ημέρου του Απριλίου προκύπτει η σχηματική παράσταση (Σχ. 16) που ακολουθεί.

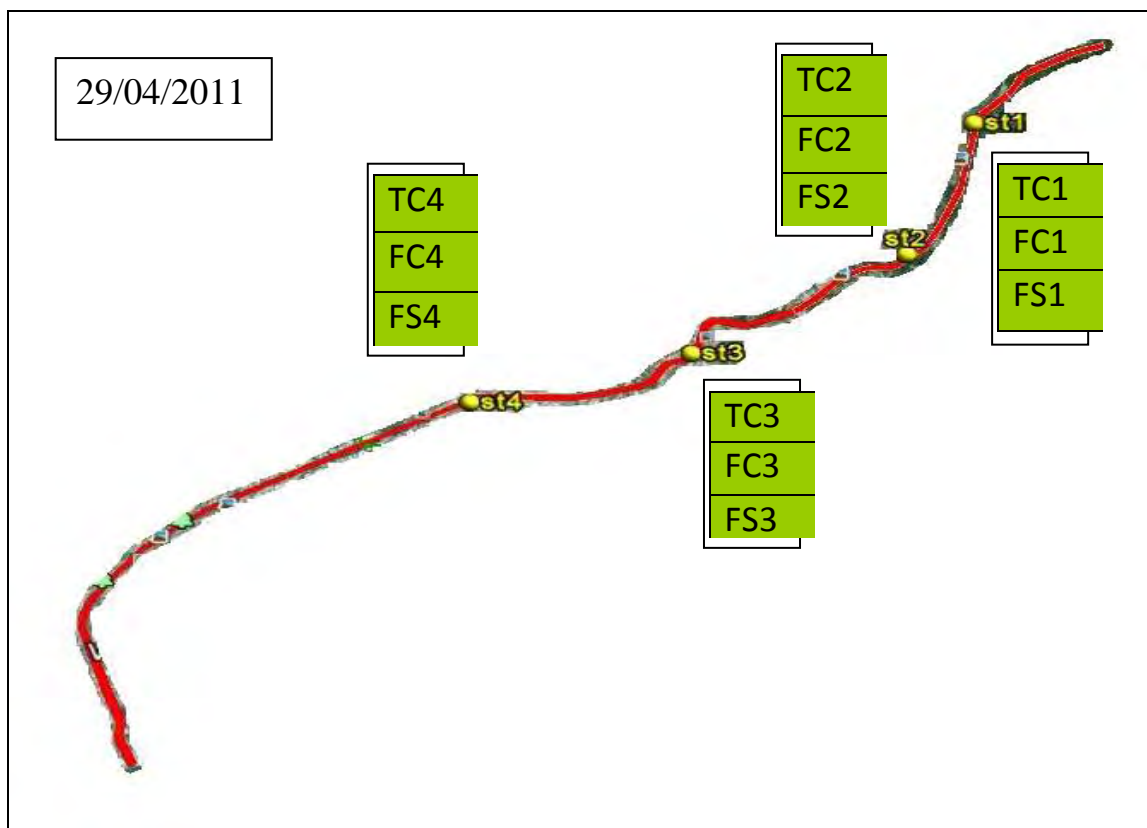
Κατά τη μέτρηση αυτή η ταχύτητα του νερού ήταν 1m/sec, ενώ εξακολουθούσε να υπάρχει ανομβρία το τελευταίο χρονικό διάστημα.



Σχήμα 16: Διακύμανση των μικροβιακών δεικτών και καθορισμός την ποιότητας του νερού με βάση την Κοινοτική Οδηγία 76/160/ECC, για τη δειγματοληψία της 15/4/2011. (Επεξηγήσεις. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Αξίζει να παρατηρηθεί, ότι η ποιότητα του νερού του Κραυσίδωνα, για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, κυμάνθηκε εντός ορίων για τους σταθμούς 1 και 3, ενώ δεν συνέβη το ίδιο για τον σταθμό 2 που υπήρξε υπέρβαση ως προς τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή, αλλά και για το σταθμό 4 όπου οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι ξεπέρασαν τα όρια που προβλέπει η Κοινοτική Οδηγία.

Στο Σχήμα 17 που ακολουθεί γίνεται απεικόνιση του Κραυσίδωνα, ενώ διακρίνονται οι υπερβάσεις και οι παραδεκτές τιμές των μικροβιακών δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία. Επίσης, η ταχύτητα ροής κυμάνθηκε στα 0,83 m/sec.

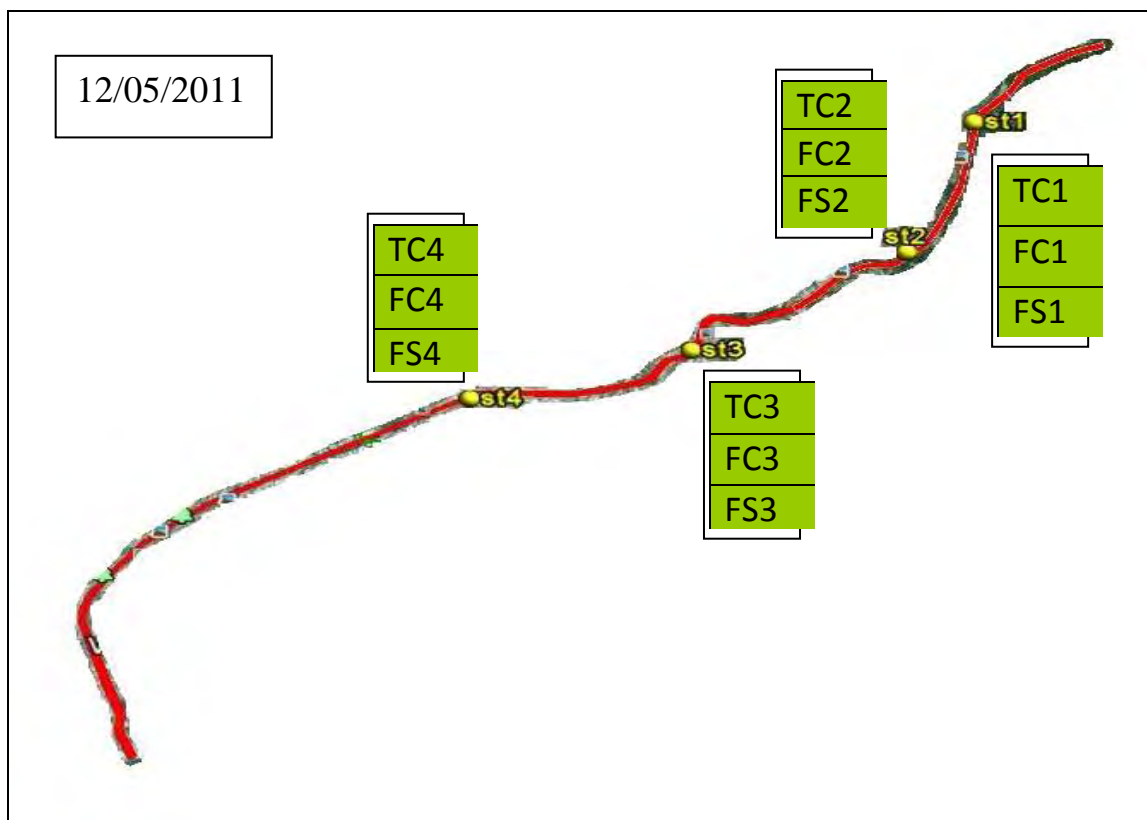


Σχήμα 17: Απεικόνιση των τιμών των μικροβιακών δεικτών της 29/4/2011 με βάση την Οδηγία. (Επεξηγήσεις. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Παρατηρείται για πρώτη φορά ότι στο σύνολό τους όλοι οι μικροβιακοί δείκτες κυμαίνονται όλοι εντός παραδεκτών ορίων βάσει της Κοινοτικής Οδηγίας 76/160/EEC.

Κατά την πρώτη δειγματοληψία του Μαΐου η ταχύτητα του νερού καταγράφηκε στα 0,63 m/sec, χωρίς να συμβεί φαινόμενο βροχόπτωσης.

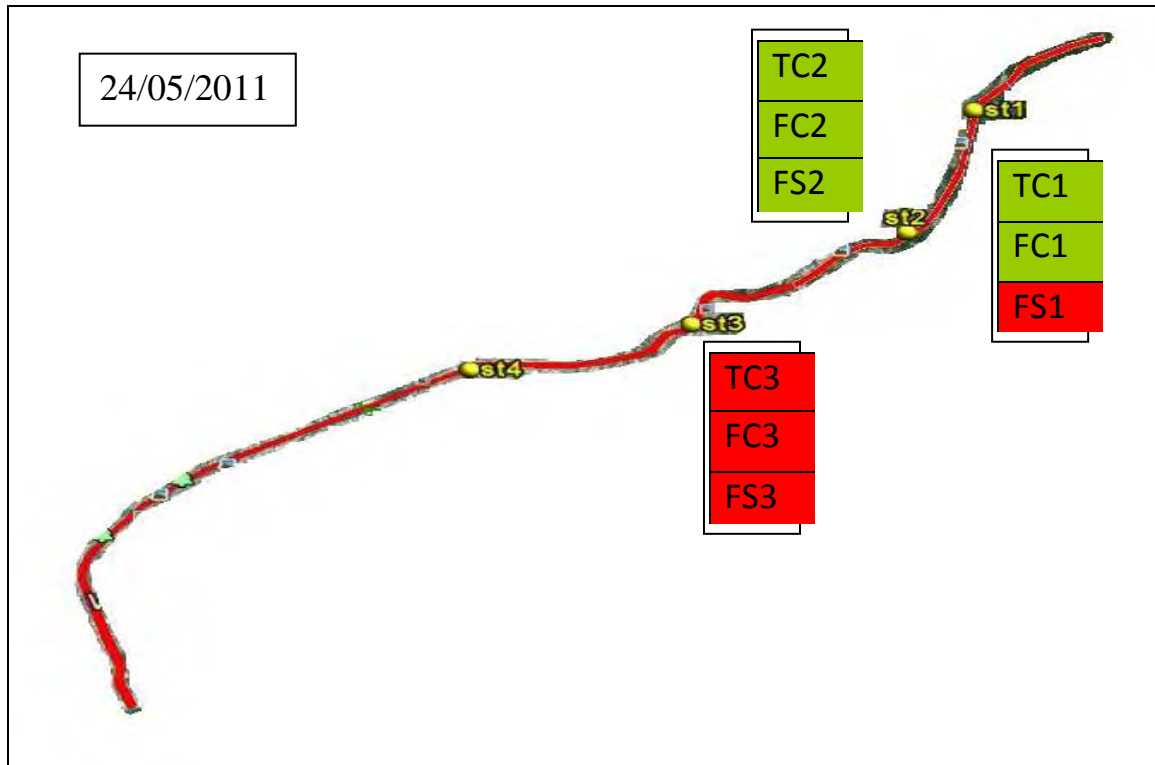
Από το Μάιο και μετά η ποσότητα του νερού ήταν ανεπαρκής στον ST4 οπότε η δειγματοληψία ήταν ανέφικτη. Με βάση την αφθονία των μικροβιακών δεικτών, προκύπτει η σχηματική απεικόνιση του Κραυσίδωνα (Σχ. 18).



Σχήμα 18: Απεικόνιση της αφθονίας των δεικτών κατά τη δειγματοληψία της 12/5/2011. (Επεξηγήσεις. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Παρατηρείται, για δεύτερη συνεχόμενη φορά, ο αριθμός υπερβάσεων των μικροβιακών δεικτών να μην ξεπερνάει σε καμιά περίπτωση τα προβλεπόμενα όρια, σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία.

Η ταχύτητα του νερού ήταν 0,5 m/sec. Η ποσότητα των μικροβιακών δεικτών αποτυπώνονται στο Σχήμα 19 που ακολουθεί.

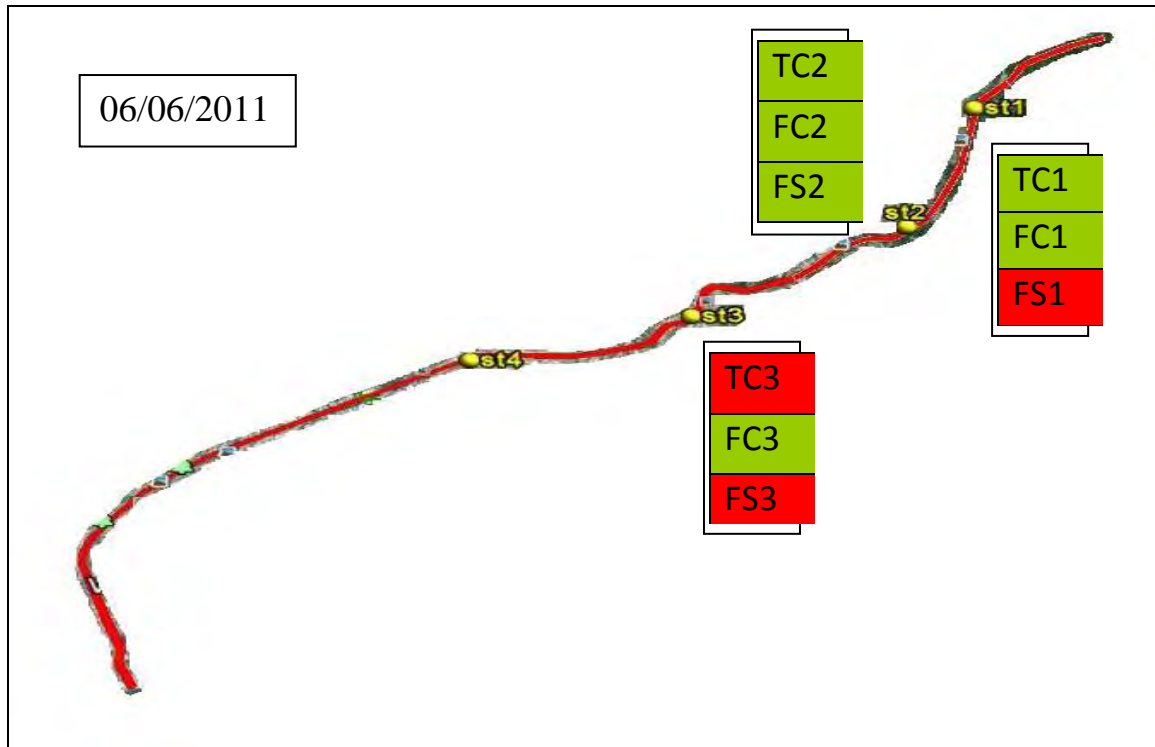


Σχήμα 19: Απεικόνιση των τιμών των μικροβιακών δεικτών της 24/5/2011. (Επεξηγήσεις. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Η συγκεκριμένη μέτρηση καταδεικνύει μία υποβάθμιση της ποιότητας του νερού του εξεταζόμενου χειμάρρου. Παρατηρούνται αρκετές υπερβάσεις και συγκεκριμένα για το σταθμό 1, οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι υπερέβησαν τα παραδεκτά όρια. Επίσης, ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση για όλους τους δείκτες του σταθμού 2, αντίθετα όλοι οι μικροβιακοί δείκτες του σταθμού 3 υπερέβησαν τις παραδεκτές τιμές βάση της Κοινοτικής Οδηγίας.

Το μήνα Ιούνιο η κατάσταση διαμορφώνεται και παρίσταται σχηματικά παρακάτω (Σχ. 20).

Κατά την τελευταία δειγματοληψία επικρατούσαν συνθήκες ανομβρίας ενώ η ταχύτητα του νερού υπολογίστηκε στα 0,5 m/sec.



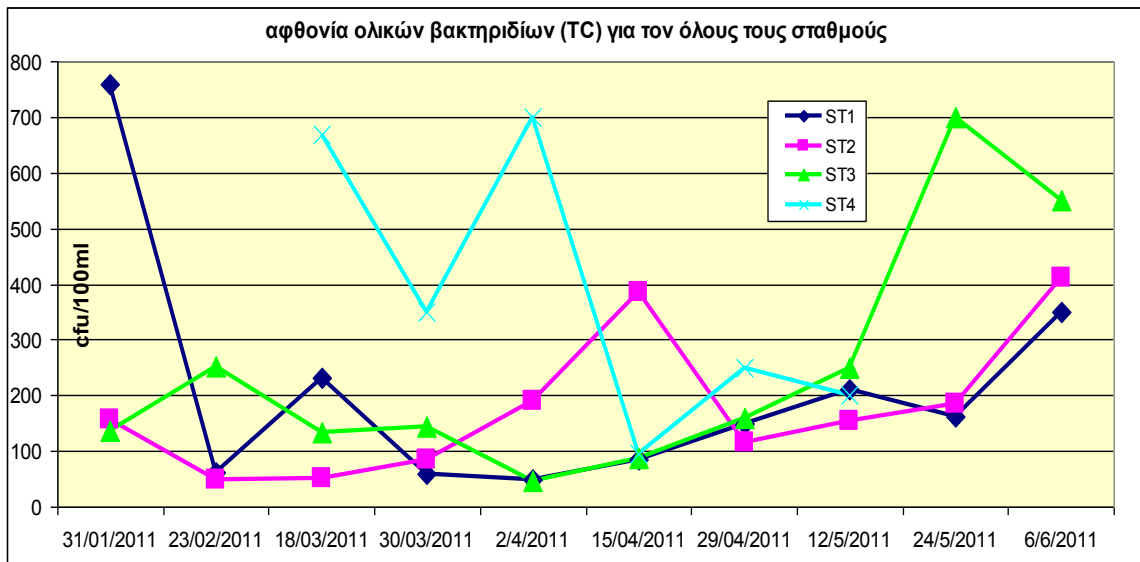
Σχήμα 20: Διακύμανση των μικροβιακών δεικτών και καθορισμός της ποιότητας του νερού με βάση την Κοινοτική Οδηγία 76/160/ECC, για τη δειγματοληψία του Ιουνίου. (Επεξηγήσεις. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι εντός ορίων τιμές των δεικτών σύμφωνα με την Οδηγία, ενώ με κόκκινο οι υπερβάσεις)

Παρατηρείται και σε αυτή τη δειγματοληψία ότι υπάρχουν αρκετές υπερβάσεις σαν συνέχεια της προηγούμενης μέτρησης. Ενώ και σε αυτή την περίπτωση δεν υπήρξαν υπερβάσεις των τιμών των δεικτών για το σταθμό 2, για τους σταθμούς 1 και 3 υπήρξαν υπερβάσεις ως προς τα ολικά κολοβακτηρίδια και τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους.

Με σκοπό να διερευνηθεί αν και κατά πόσο επηρεάζονται ταυτόχρονα, οι τιμές για κάθε μικροβιακό δείκτη χωριστά, σε σχέση με όλους τους σταθμούς μέτρησης και για όλους τους μήνες, πραγματοποιήσαμε απεικόνιση όλων των μικροβιακών δεικτών, για όλους τους σταθμούς και για όλες τις δειγματοληψίες. Στόχος είναι να διακριθεί με μεγαλύτερη ευχέρεια η πιθανότητα, να επηρεάζεται περισσότερο

κάποιος σταθμός από κάποια αιτία (ζωική ή ανθρώπινη) σε σχέση με τους άλλους σταθμούς, την ίδια χρονική στιγμή.

Έτσι, η μεταβολή των ολικών κολοβακτηριδίων για όλους τους σταθμούς απεικονίζεται στο Σχήμα 21.

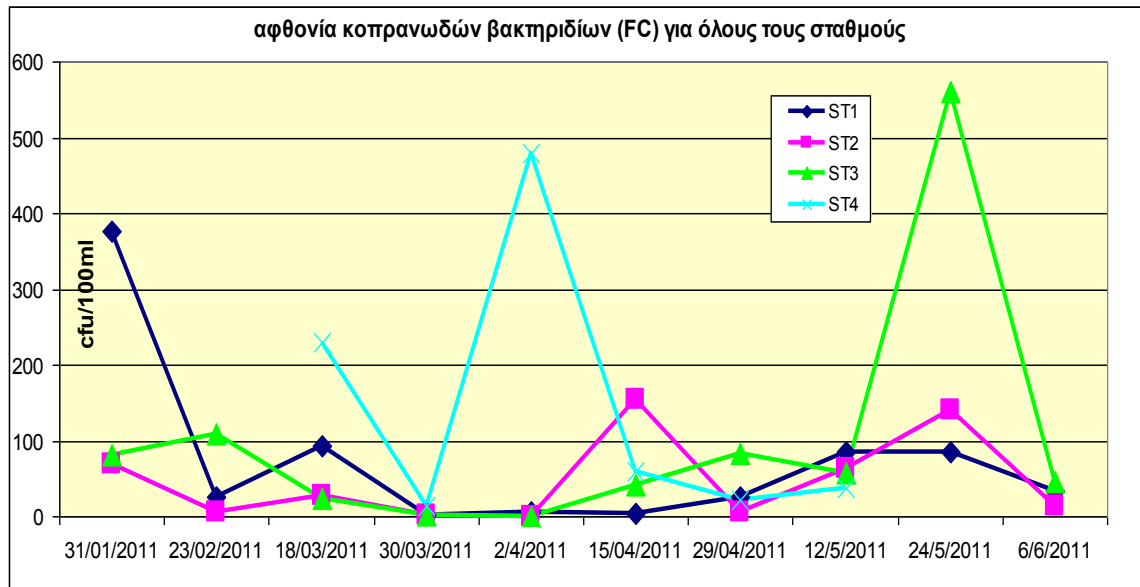


Σχήμα 21: Μεταβολή του αριθμού των ολικών κολοβακτηριοειδών (TC)

Από τη σχηματική παράσταση προκύπτει ότι τα ολικά κολοβακτηρίδια παρουσίασαν τη μέγιστη αφθονία τους κατά τη δειγματοληψία του Ιανουαρίου. Η τιμή τους έφτασε τα 760 cfu/100ml. Επίσης, οι μεγαλύτερες ποσότητες παρατηρήθηκαν στους σταθμούς 3 και 4, ενώ ο σταθμός 2 δεν ξεπέρασε σε καμία περίπτωση την ανώτερη παραδεκτή τιμή (500 cfu/100ml) σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία.

Από το γενικό γραμμικό μοντέλο (GLM) προκύπτει ότι δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους μήνες ($p > 0,05$, $F = 0,1$), όπως επίσης δεν προέκυψε διαφορά και ανάμεσα στους σταθμούς ($p > 0,05$, $F = 0,1$).

Κατ' αντίστοιχο τρόπο στο Σχήμα 12 που ακολουθεί απεικονίζεται σχηματικά η μεταβολή των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (FC) για όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας.

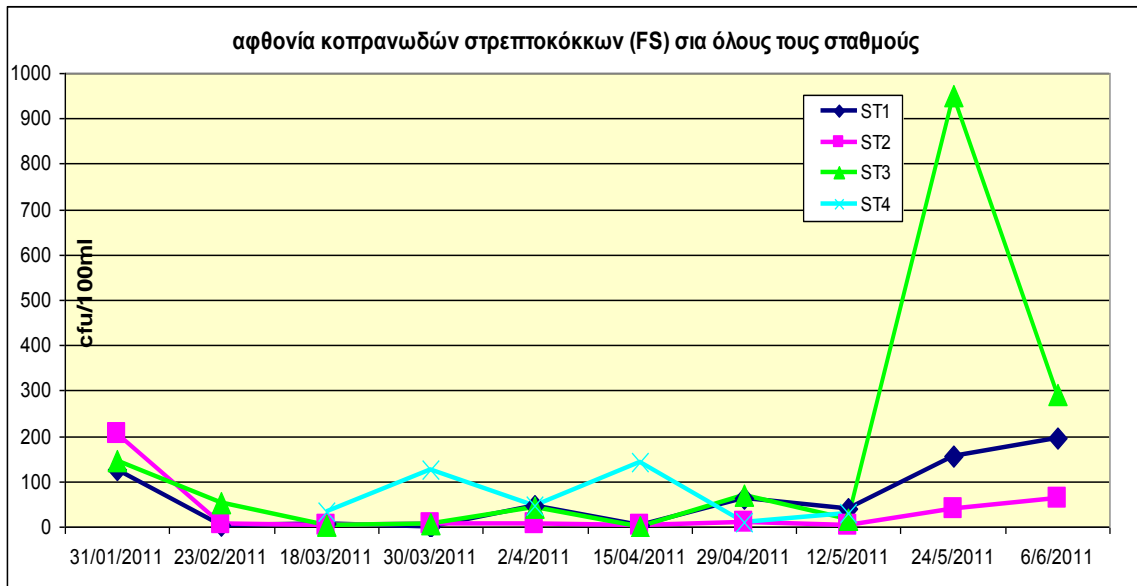


Σχήμα 22: Η μεταβολή του αριθμού των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών (FC)

Μπορεί να παρατηρήσει κανείς, ότι για το σταθμό 1 τα κοπρανώδη βακτηρίδια ξεπερνάνε τα επιτρεπτά όρια (100 cfu/100ml) μόνο κατά τη δειγματοληψία του Ιανουαρίου, φτάνοντας τη μέγιστη τιμή των 377 cfu/100ml. Αντίθετα, για τους σταθμούς 2 και 3 οι μέγιστες αφθονίες παρατηρήθηκαν το μήνα Μάιο, αγγίζοντας και τη μέγιστη τιμή του συγκεκριμένου δείκτη, ήτοι 560 cfu/100ml. Τέλος, στο σταθμό 4, παρατηρήθηκαν μέγιστες αφθονίες στις 2/4/2011, ημερομηνία που συνέπεσε με την έντονη βροχόπτωση.

Από την GLM ανάλυση για τον Κραυσίδωνα προέκυψε ότι για τα κολοβακτηρίδια κοπράνων δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους μήνες ($p > 0,05$, $F = 0,92$), ούτε ανάμεσα στους σταθμούς ($p > 0,05$, $F = 2,23$).

Τέλος, στο Σχήμα 23 που ακολουθεί παρίσταται σχηματικά η αφθονία των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων για όλους τους σταθμούς.

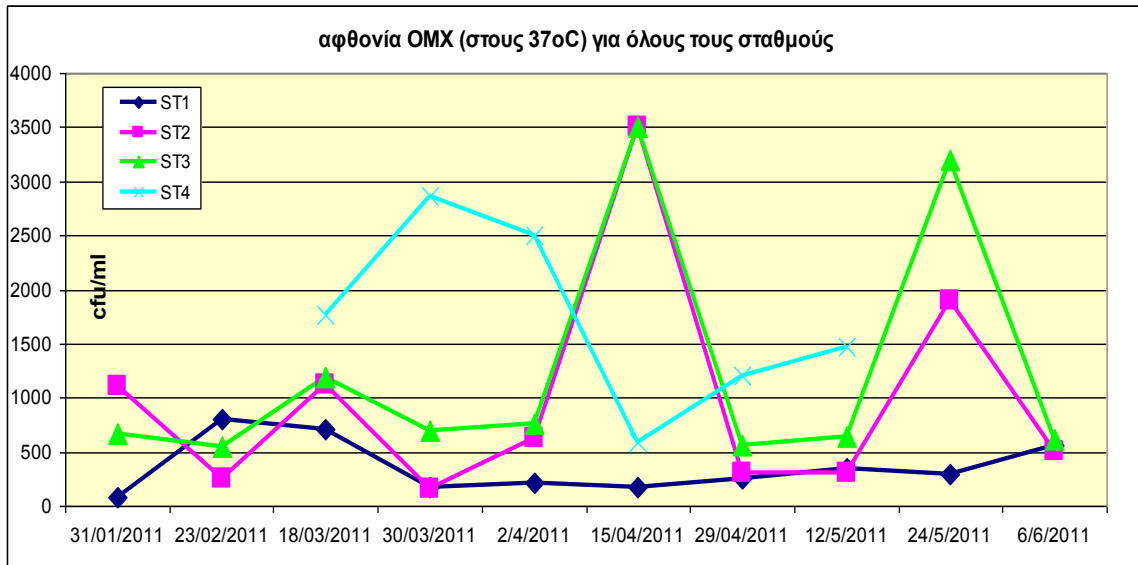


Σχήμα 23: Η μεταβολή της ποσότητας των στρεπτόκοκκων για όλους τους σταθμούς μέτρησης.

Στο συγκεκριμένο σχήμα διακρίνει κανείς εύκολα την θεαματική αύξηση της τιμής των στρεπτόκοκκων τόσο στην πρώτη μέτρηση, όσο και στις δύο τελευταίες. Πιο συγκεκριμένα όμως η αφθονία των FS κυμάνθηκε από 0 cfu/100ml μέχρι 950 cfu/100ml. Η μέγιστη τιμή παρατηρήθηκε στο σταθμό 3 κατά το μήνα Μάιο.

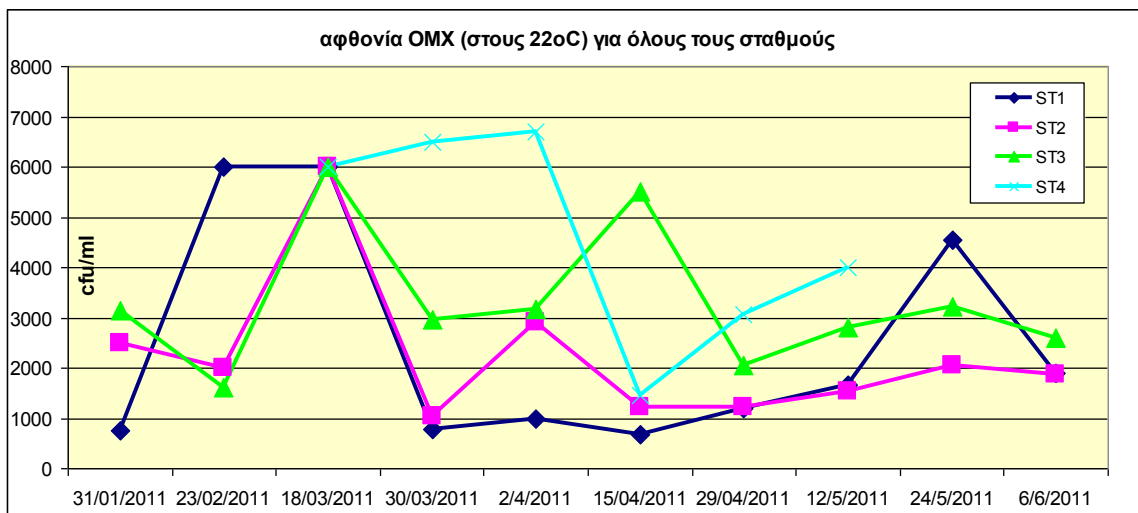
Από το γενικό γραμμικό μοντέλο (GLM) προέκυψε για τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους του υπό εξέταση χειμάρρου ότι, δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους μήνες ($p > 0.05$, $F = 2,59$), ούτε ανάμεσα στους σταθμούς ($p > 0.05$, $F = 0,57$).

Όσον αφορά τις τιμές της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας στους 37° C και πως αυτές σχετίζονται στους σταθμούς μέτρησης, αυτό παρίσταται στο Σχήμα 24.



Σχήμα 24: Διακύμανση της OMX στους 37°C

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει ότι με εξαίρεση τον σταθμό 1, σε όλους τους υπόλοιπους παρατηρείται έντονη διακύμανση της αφθονίας της OMX. Οι μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν το μήνα Απρίλιο για τους σταθμούς 2 και 3 φτάνοντας την τιμή των 3500 cfu/ml. Από την GLM ανάλυση προέκυψε ότι δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους μήνες ($p>0,05$, $F=0,28$) και στους σταθμούς ($p>0,05$, $F=2,23$). Τέλος, στο σχήμα 25 παρουσιάζεται η μεταβολή των τιμών της OMX στους 22° C.



Σχήμα 25: Διακύμανση της OMX στους 22°C

Από την σχηματική παράσταση δεν προκύπτουν κάποια σαφή δεδομένα που να καταδεικνύουν την τάση κατά την οποία η OMX στους 22°C αποκτά τη μέγιστη ή και ελάχιστη τιμή της ανάλογα με την εποχή για όλους τους σταθμούς μέτρησης. Η τιμή της κυμάνθηκε από 684 cfu/ml μέχρι 6700 cfu/ml.

Από το γενικό γραμμικό μοντέλο (GLM) προέκυψε για την OMX στους 22°C ότι δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους μήνες ($p>0,05$, $F=0,65$), ούτε ανάμεσα στους σταθμούς ($p>0,05$, $F=0,38$).

Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του χειμάρρου Κραυσίδωνα, επεξεργάστηκαν **στατιστικά με το τεστ κατά Spearman** και τα αποτελέσματα παρατίθενται στο πίνακα 8. Επιλέχθηκε το συγκεκριμένο τεστ διότι τα δεδομένα είναι μη παραμετρικά, δεν παρουσιάζουν δηλαδή κανονικότητα. Στο συγκεκριμένο πίνακα παρουσιάζονται με κόκκινο χρώμα οι τιμές που προέκυψαν από την ανάλυση και που είναι στατιστικά σημαντικές. Με ένα αστερίσκο αντιστοιχούν οι συσχετίσεις με επίπεδο σημαντικότητας $p<0,05$, ενώ με δύο αστερίσκους οι συσχετίσεις με σημαντικότητα $p<0,01$ (πολύ υψηλή).

Τέλος, στον πίνακα παρουσιάζονται οι συσχετίσεις όλων των μικροβιακών δεικτών, τόσο μεταξύ τους, όσο και σε σχέση με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.

(Spearman test)

Πίνακας 8: Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της ποιότητας του νερού του χειμάρρου Κραυσίδα

			pH	Conductivity	D.O.	Temperature	FC/TC	TC	FC	FS	OMX(37)	OMX(22)	FLOW
Spearman's rho	Abundance	Correlation	-,078	,106	,020	,154*	,162*	,065	-,097	,160	-,185	-,267	-,108
		Sig. (2-tailed)	,301	,155	,787	,039	,030	,748	,629	,426	,356	,178	,074
		N	180	180	180	180	180	27	27	27	27	27	180
	TC	Correlation Coefficient	,410*	-,194	-,090	-,207	-,341	1,000	,042	,468**	,223	,017	-,494
		Sig. (2-tailed)	,034	,332	,657	,305	,082		,810	,004	,192	,923	,073
		N	27	27	27	27	27	36	36	36	36	36	10
	FC	Correlation	-,360	-,016	,087	,255	,306	,042	1,000	,123	-,073	,131	,278
		Sig. (2-tailed)	,065	,938	,666	,199	,120	,810		,476	,673	,447	,219
		N	27	27	27	27	27	36	36	36	36	36	10
	FS	Correlation	,400*	-,101	-,041	-,191	-,316	,468**	,123	1,000	-,132	-,028	-,587*
		Sig. (2-tailed)	,039	,615	,839	,340	,108	,004	,476		,441	,873	,037
		N	27	27	27	27	27	36	36	36	36	36	10
	OMX(37)	Correlation	,151	,420*	-,151	-,130	-,205	,223	-,073	-,132	1,000	,584**	
		Sig. (2-tailed)	,453	,029	,452	,517	,304	,192	,673	,441		,000	,159
		N	27	27	27	27	27	36	36	36	36	36	10
	OMX(22)	Correlation	,018	-,005	-,224	-,158	-,072	,017	,131	-,028	,584**	1,000	,463
		Sig. (2-tailed)	,928	,980	,261	,432	,719	,923	,447	,873	,000		
		N	27	27	27	27	27	36	36	36	36	36	10

Από την ανάλυση προέκυψε ότι η αφθονία (Abundance) των μικροβιακών δεικτών (TC, FC, FS, OMX 37°C και OMX 22°C) παρουσιάζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση τόσο με τη θερμοκρασία ($R=0,154$, $p<0,05$) του νερού όσο και με τον λόγο FC/TC ($R=0,162$, $p<0,05$). Επίσης, τα ολικά κολοβακτηριοειδή (TC) παρουσίασαν συσχέτιση με το pH ($R=0,410$, $p<0,05$) και τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους (FS). ($R=0,468$, $p<0,01$).

Οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (FS) παρουσίασαν σημαντική συσχέτιση, εκτός από τα ολικά κολοβακτηρίδια και με το pH ($R=0,400$, $p<0,05$).

Όσον αφορά την Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (OMX) στους 22°C και 37°C, διαπιστώθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους και μάλιστα σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($R=0,584$, $p<0,01$), αλλά και αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην OMX στους 37°C και την αγωγιμότητα ($R=-0,420$, $p<0,05$).

Τέλος, σχετικά με την ταχύτητα ροής, προκύπτει στατιστικά αρνητική συσχέτιση μόνο με τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους ($R=-0,587$, $p<0,05$).

3.2 Συζήτηση

Τα επιφανειακά ρέοντα υδάτινα συστήματα είναι ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι, αποτελούν όμως συχνά αποδέκτες αστικών, βιομηχανικών, γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων, με συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητας τους και τη διατάραξη της φυσικοχημικής και μικροβιολογικής τους ισορροπίας. Η εξασφάλιση καλής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων, επιβάλλει καταρχήν γνώση της υφιστάμενης κατάστασης όσον αφορά τα φυσικοχημικά και μικροβιολογικά δεδομένα, έγκαιρη δράση και σταθερό μακροπρόθεσμο σχεδιασμό μέτρων προστασίας. Η θέσπιση μέτρων για την επίτευξη καλής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων και αναστροφής κάθε σημαντικής και επίμονης ανοδικής τάσης συγκέντρωσης οποιουδήποτε ρύπου, στηρίζεται στην αναγνώριση της φυσικοχημικής και οικολογικής ποιότητας, μέσω της συστηματικής παρακολούθησης της (Οδηγία 2000/60/EK).

Στην Ελλάδα, η ποιότητα των νερών που προορίζονται για κολύμβηση, διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά και καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών, καθορίζεται από την ΚΥΑ 46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986) σε συμμόρφωση με τις σχετικές Οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Στην απόφαση αυτή, καθορίζονται τα ανώτατα επιτρεπτά όρια που πρέπει να διαθέτουν τα ύδατα, ανάλογα με τη χρήση τους (κολύμβηση, διαβίωση ψαριών σε γλυκά ύδατα και άλλα).

Η υδρόβια ζωή, επηρεάζεται από φυσικοχημικές παραμέτρους, από τις οποίες οι πιο σημαντικές είναι η θερμοκρασία, το διαλυμένο οξυγόνο, η αγωγιμότητα και το pH. Αυτοί οι παράγοντες βρίσκονται σε μια δυναμική σχέση ισορροπίας μεταξύ τους, με αποτέλεσμα η μεταβολή ενός από αυτούς να διαταράζει τη ζωή άλλων υδρόβιων ειδών. Το

ποτάμιο οικοσύστημα στην πορεία της ροής του δημιουργεί βιότοπους που ευνοεί να βρουν καταφύγιο και άλλοι οργανισμοί, όπως πουλιά και θηλαστικά.

Στη συγκεκριμένη εργασία, η θερμοκρασία κυμάνθηκε για τους τρεις πρώτους σταθμούς (ST1, ST2, ST3) από 7,3° C έως 19,7° C και μόνο για τον τέταρτο σταθμό κυμάνθηκε από 17,3°C έως 21,3°C. Οι συγκεκριμένες θερμοκρασίες επιτρέπουν την διαβίωση πολλών ειδών οργανισμών μιας και το εύρος διακύμανσης ανά σταθμό για όλες τις εποχές κυμαίνεται εντός φυσιολογικών ορίων, με βάση την προαναφερθείσα ΚΥΑ. Σύμφωνα μ' αυτή, δεν γίνεται κάποια αναφορά σχετικά με τα όρια των θερμοκρασιακών τιμών για την κατηγορία «ποιότητα των νερών κολύμβησης», αλλά στις κατηγορίες «ποιότητα γλυκών επιφανειακών νερών για υδροληψία πόσιμου νερού» και «ποιότητα γλυκών επιφανειακών νερών για τη διαβίωση των ψαριών», ορίζεται ανώτατο όριο θερμοκρασίας από 30°C και 25°C αντίστοιχα. Σε κάθε περίπτωση ο Κραυσίδωνας – κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας- βρίσκεται εντός ορίων.

Στην περίπτωση του Κραυσίδωνα παρά το γεγονός ότι δεν προσδιορίστηκε η διαύγεια εν τούτοις μακροσκοπικά και εμπειρικά, προκύπτει ότι ήταν εξαιρετική. Συγκεκριμένα, αν και δεν εντοπίστηκαν κάποια σημεία του χειμάρρου που το βάθος να είναι μεγαλύτερο από 2m (τουλάχιστον κάτω στους σταθμούς όπου πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες), ώστε να μπορούμε να κρίνουμε την διαύγεια σ' αυτό το βάθος, εν τούτοις, σε βάθη μέχρι 1,3m, η διαύγεια του νερού ήταν εξαιρετικά ικανοποιητική. Το ίδιο συνέβη και για όλα τα δείγματα που λήφθηκαν, από όλους τους σταθμούς μέτρησης.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας, τα πόσιμα νερά πρέπει να έχουν διαλυμένο οξυγόνο με τιμή 75 % τουλάχιστον της τιμής κορεσμού. Στα νερά κολύμβησης το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι 80-120 % της τιμής κορεσμού ενώ στα

γλυκά νερά, στα οποία διαβιούν πέστροφες και άλλα είδη της οικογένειας των σαλμονιδών, το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι στο 50 % των εξετασθέντων δειγμάτων μεγαλύτερο από 9 ppm και στο 100 % των δειγμάτων μεγαλύτερο από 6 ppm (ΚΥΑ 46399/1352/1686).

Στη συγκεκριμένη εργασία ένα μεγάλο ποσοστό των δειγμάτων του νερού (περίπου το 60%), το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο, κυμαίνονταν σε ποσοστά μεγαλύτερα από 80% όπως προβλέπεται και από τη νομοθεσία, ενώ οι υπόλοιπες μετρήσεις (ποσοστό 40%), κυμαίνονται σε ποσοστά από 60%-75%.

Όσον αφορά το pH για όλους τους σταθμούς μέτρησης, οι τιμές του κυμαίνονταν από 6,9 έως 8,8. Σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 76/160/ΕΟΚ, τη σχετική με τα επιφανειακά νερά αναψυχής, το pH πρέπει να κυμαίνεται από 6-9, κάτι που συμβαίνει και στην περίπτωση του Κραυσίδωνα.

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 46399/1352/1986, η οποία στην ουσία είναι η προσαρμογή στην ελληνική νομοθεσία της Κοινοτικής Οδηγίας 76/160/ΕΟΚ, η αγωγιμότητα πρέπει να κυμαίνεται μέχρι 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και αναφέρεται στην κατηγορία των γλυκών επιφανειακών νερών που προορίζονται για υδροληψία πόσιμου νερού. Όλες οι τιμές, οι σχετικές με το πείραμα, κυμαίνονταν εντός του συγκεκριμένου ορίου.

Κρίνεται σκόπιμο να καταγραφούν εδώ και ορισμένα άλλα ποτάμια συστήματα με παρεμφερή φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά, έτσι ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί έμμεσα, η ποιότητα των υδάτων του Κραυσίδωνα. Επιλέξαμε τις περιπτώσεις του Κερίτη του νομού Χανίων και του Ληθαίου του νομού Τρικάλων διότι είναι χειμαρρικά συστήματα, με εποχική περιοδικότητα στην ροή, διαρρέουν αστικά κέντρα, και ανήκουν στη Μεσογειακή βιογεωγραφική ζώνη. Στην περίπτωση του ποταμού Κερίτη, οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, κυμαίνονταν εντός των ορίων που

προβλέπονταν για τα επιφανειακά νερά, οπότε δεν εμφανίζονται προβλήματα που να οφείλονταν σε μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων. Οι τιμές της ήταν αρκετά χαμηλές με εξαίρεση τη τιμή 1562 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στη περιοχή του Καλαμιώνα (Κυριού 2010). Επίσης, στην περίπτωση του Ληθαίου ποταμού, η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμαίνονταν σε τιμές από 517 $\mu\text{S}/\text{cm}$ μέχρι 841 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ζήση 2007), τιμές πολύ μεγαλύτερες από την περίπτωση του Κραυσίδωνα, που οι τιμές του κυμαίνονταν από 203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ μέχρι 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Σε αντιστοιχία, οι τιμές της θερμοκρασίας που μετρήθηκαν στον ποταμό Ληθαίο ανταποκρίνονται στις αναμενόμενες εποχιακές μεταβολές και κυμάνθηκαν από 10°C έως 22,2°C. Επίσης, η τιμή του pH κυμάνθηκε μεταξύ 6,79 και 8,2, τιμές δηλαδή παραπλήσιες με τον Κραυσίδωνα (κάποιες τιμές μόνο του εξεταζόμενου χειμάρρου, ήταν πιο αλκαλικές) (Ζήση 2007).

3.2.1 Αξιολόγηση της ποιότητας του Κραυσίδωνα με βάση την Οδηγία 76/160/EEC.

Για να αξιολογήσουμε την μικροβιολογική ποιότητα του μελετώμενου συστήματος οφείλουμε να υιοθετήσουμε τα πλαίσια των Οδηγιών 76/160/EEC και 2006/7/EC τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια.

The bathing water directive 76/160/EEC

Το 1976, ψηφίστηκε η πρώτη Ευρωπαϊκή περιβαλλοντική νομοθεσία σχετική με τα νερά κολύμβησης, συγκεκριμένα η οδηγία 76/160/EEC, με την οποία έπρεπε να συμμορφωθούν όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Έτσι, υπήρξε μια πολύ

σημαντική βελτίωση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, αποδεικνύοντας ότι η οδηγία πέτυχε τον πρωταρχικό της σκοπό, που δεν ήταν άλλος από την προστασία της δημόσιας υγείας (Georgiou & Bateman 2005).

Η οδηγία απαιτούσε από τα μέλη της να εντοπίσουν δημοφιλείς περιοχές κολύμβησης και να παρακολουθούν τα νερά τους με την βοήθεια δεικτών, για τη μικροβιακή και χημική μόλυνση κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου (περίοδος λουομένων). Συνολικά υπήρχαν 19 ποιοτικοί παράμετροι οι οποίοι εξετάζονται, μικροβιολογικοί και φυσικοχημικοί αλλά οι περισσότεροι από αυτούς παρακολουθούνταν, μόνο αν υπήρχε η υποψία ότι προκλήθηκε ξαφνικά μια σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας των νερών (Mansilha et al. 2009).

Τα Ευρωπαϊκά κράτη για να προστατεύσουν και να διαχειριστούν την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, κατέληξαν στις οδηγίες Bathing Water Directive (2006/7/EC) και Water Framework Directive (2000/60/EC). Η WFD απαιτεί από όλα τα μέλη της να διαχειριστούν ταυτόχρονα τόσο τις σημειακές, όσο και τις μη σημειακές πηγές μόλυνσης, με σκοπό να επιτύχουν «καλή οικολογική κατάσταση και ποιότητα των πηγών – νερών» μέχρι το 2015 (EU 2000).

Το 2001, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε την διαδικασία βελτίωσης αυτής της παλιάς νομοθεσίας, με απώτερο σκοπό να καταστεί πιο ευέλικτη. Οι προτεινόμενες αλλαγές αξιοποιούσαν τα επιστημονικά επιτεύγματα των τελευταίων χρόνων. Έτσι προέκυψε η απόφαση 1600/2002/EC, η οποία περιλάμβανε ορισμένες δεσμεύσεις, που διασφάλιζαν ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας νερού λουομένων (Mansilha et al. 2009).

The bathing water directive 2006/7/EC

Η καινούργια οδηγία υιοθετήθηκε το 2006 μετά από αρκετό διάλογο μεταξύ του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου και του Κοινοβουλίου, με κύριο σημείο της διαβούλευσης τα υψηλά ελάχιστα πρότυπα (standards) με τα οποία θα έπρεπε να συμμορφωθούν, όσοι ασχολούνται με τα νερά λουομένων (αναψυχής).

Η αναθεωρημένη οδηγία διαφοροποιεί τις μεθόδους με τις οποίες μετράται η ποιότητα του νερού, εστιάζοντας σε περισσότερο σχετικές αναλυτικές παραμέτρους, οι οποίες περιλαμβάνουν μικροβιολογικούς δείκτες, όπως είναι οι εντερόκοκκοι που προέρχονται από τον εντερικό σωλήνα και το είδος *Escherichia coli*, ενώ θέτονται και νέα δεδομένα για τα εσωτερικά και παράκτια ύδατα (Mansilha et al. 2009).

Στην νέα Ευρωπαϊκή Οδηγία (2006/7/EC) οι παράμετροι 1 και 2 της στήλης Α (Annex 1) σχετικά με τους εντεροκόκκους εντερικής προέλευσης και *Escherichia coli*, θεωρούνται ισοδύναμοι με τους παραμέτρους 2 και 3 του παραρτήματος της Οδηγίας 76/160/EEC, σχετικά με τα κοπρανώδη κολοβακτηροειδή και τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους (Πίν. 9 και 10). Αν οι μέθοδοι της νέας Οδηγίας εφαρμόζονται με αξιοπιστία, τότε θα υπάρχει ταύτιση με την παλιά μέθοδο.

Η συσχέτιση μεταξύ των δύο οδηγιών μπορεί να συνοψιστεί στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 9: Όρια που αναφέρονται στην “οδηγία” 2006/7/EC.

A	B	Γ	Δ	E
Παράμετροι	Άριστη ποιότητα	Καλή ποιότητα	επαρκής ποιότητα	Αναφερόμενοι μέθοδοι ανάλυσης
1.εντερικοί εντερό- κοκκοί (cfu/100ml)	100	200	185	ISO 7899-1 ή ISO 7899-2
2. <i>Escherichia coli</i> (cfu/100ml)	250	500	500	ISO 9308-3 ή ISO 9308-1

Πίνακας 10: Όρια που αναφέρονται στην “οδηγία” 76/160/EEC

Μικροβιολογικοί παράμετροι	Οδηγία	Οδηγία	Ελάχιστη συχνότητα	Αναφερόμενοι μέθοδοι ανάλυσης
1.ολικά κολοβ/δή/100ml	<500 (80%)	<10000 (95%)	Ανά 15 ημέρες	μέθ. πολλαπλών σωλήνων ή φιλτράρισμα
2.κολοβ/δή κοπράνων/100ml	<100 (80%)	<2000 (95%)	Ανά 15 ημέρες	μέθ. πολλαπλών σωλήνων ή φιλτράρισμα
3.στρεπτόκοκκοι κοπράνων/100ml	<100 (80%)		Όποτε κριθεί απαραίτητο	Μέθοδος Litsky ή μέθ. φιλτραρίσματος

Οι μεταβολές στην ποιότητα του νερού κλύμησης ή και γενικότερα επιφανειακών νερών, μπορεί να έχει σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις σε περίπτωση μη συμμόρφωσης με την οδηγία 76/160/EEC, η οποία μέχρι πρόσφατα εφαρμοζόταν σε όλη την Ευρώπη. Κατανοώντας τις μεταβολές στην ποιότητα των υδάτων, όπως επίσης και η ανάγκη πρόβλεψης σε πραγματικό χρόνο των οργανισμών-δεικτών

κοπρανώδους προέλευσης (FIOs) στις παραλίες λουομένων, προέκυψε η αναθεωρημένη οδηγία 2006/7/EC, όπως επίσης και οι κανονισμοί για τα νερά αναψυχής του Παγκοσμίου Οργανισμού Υγείας (WHO) (Wyer et al. 2010).

Σύμφωνα με τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν, αλλά και τις σχηματικές παραστάσεις 1-10 που παρουσιάστηκαν κατά τη χωρική κατανομή, στα αποτελέσματα, οι οποίες βασίστηκαν στην Κοινοτική Οδηγία 76/160/EEC, προκύπτει ότι από τις συνολικά 36 μετρήσεις, υπερβάσεις εντοπίστηκαν στο 19%, ενώ στο 81% οι τιμές κυμάνθηκαν εντός των επιτρεπτών τιμών που προβλέπει η Οδηγία. Παράλληλα, αν δούμε τις υπερβάσεις και μη των τιμών ανά σταθμό χωριστά για όλους τους μικροβιακούς δείκτες συνολικά, προκύπτει ο Πίνακας 11 που ακολουθεί:

Πίνακας 11: Ποσοστά υπερβάσεων και μη των μικροβιακών δεικτών σύμφωνα με την κοινοτική Οδηγία 76/160/ΕΟΚ

	Υπερβάσεις των μικροβιακών δεικτών	Επιτρεπτές τιμές των μικροβιακών δεικτών
Σταθμός 1	17%	83%
Σταθμός 2	7%	93%
Σταθμός 3	30%	70%
Σταθμός 4	39%	61%
Σύνολο	19%	81%

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει ότι ο σταθμός 1, παρουσιάζει υπερβάσεις στις τιμές, σε ποσοστό 17%. Αντίθετα, ο σταθμός 2 παρουσιάζει συγκριτικά με τους υπολοίπους, τις λιγότερες υπερβάσεις και μάλιστα με πολύ μεγάλη διαφορά. Τέλος,

στο σταθμό 3 και κυρίως στο σταθμό 4, οι τιμές των υπερβάσεων παρεκκλίνουν κατά πολύ από το συνολικό, υποδεικνύοντας πιθανές πηγές μόλυνσης. Μία πιθανή εξήγηση των παραπάνω, είναι ότι ο σταθμός 1 απέχει λιγότερο από τους υπολοίπους από το δημοτικό διαμέρισμα της Μακρινίτσας, επομένως είναι εύλογο, να επηρεάζεται περισσότερο από τις εκροές των σηπτικών κατασκευών (βόθροι). Αυτό ίσως δικαιολογεί εν μέρει την διαφορά στις επιτρεπτές τιμές, σε σχέση με τον σταθμό 2 αν και βρίσκεται ψηλότερα από αυτόν. Στους σταθμούς 3 και 4 πιθανόν υπάρχουν παράγοντες που συνεισφέρουν στις αυξημένες τιμές των υπερβάσεων αυτών. Πρώτα απ' όλα η ύπαρξη κτηνοτροφικών μονάδων πλησίον του χειμάρρου (μονάδα με πουλερικά και αιγοπρόβατα υπάρχει μεταξύ του σταθμού 1 και 2, χωρίς να αποκλείονται άλλες κτηνοτροφικές μονάδες κοντά στον χειμάρρο). Επίσης, οι σταθμοί 3 και 4 βρίσκονται μέσα στην πόλη του Βόλου, ενώ και οι όχθες του χειμάρρου είναι εγκιβωτισμένες, με αποτέλεσμα να μειώνεται η δυνατότητα αυτοκαθαρισμού του νερού. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι ο σταθμός 4 βρίσκεται κάτω από μία πολυπληθή συνοικία που πιθανόν να ρυπαίνουν τον αποδέκτη. Η αυξημένη θερμοκρασία του νερού, εξ' αιτίας θερμικής ρύπανσης στο σταθμό 4, δικαιολογεί την περαιτέρω αύξηση των μικροβιακών δεικτών.

3.2.2 Συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων του νερού του Κραυσίδωνα. Αξιολόγηση της προέλευσης της μόλυνσης με βάση την αναλογία των μικροβιακών δεικτών.

Οι Geldreich και Kenner (1969) διαπίστωσαν ότι από την αναλογία κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή προς κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (FC/FS), μπορούν να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα, σχετικά με την προέλευση της κοπρανώδους

μόλυνσης των επιφανειακών νερών. Έτσι, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όταν η αναλογία είναι μεγαλύτερη από 4,0 υποδηλώνεται μόλυνση από κόπρανα ανθρώπινης προέλευσης, ενώ αναλογία μικρότερη από 0,7 υποδηλώνει ζωικής προέλευσης μόλυνση. Σε οποιεσδήποτε άλλες αναλογίες δεν προκύπτουν συμπεράσματα. Η υπόθεση αυτή υποστηρίχθηκε και από άλλους ερευνητές όπως οι Feachem (1975), Sayler et al. (1975), Robertson & Tobin (1983), ενώ κρίθηκε γενικά επαρκής από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας για τον καθορισμό πιθανής πηγής μόλυνσης (οικιακά λύματα-κτηνοτροφικές μονάδες (WHO/UNEP, 1994). Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και ο Leclerc (1990), ο οποίος υποστήριξε όταν η σχέση $FC/FS < 0.7$ υπερισχύει η ζωικής προέλευσης μόλυνση, ενώ η ανθρώπινης προέλευσης υποδηλώνεται όταν η αναλογία $5 < FC/FS < 10$.

Παρόλα αυτά, υπήρχαν ερευνητές που αμφισβήτησαν τη σημασία του λόγου FC/FS , όπως οι Dutka & Kwan (1980), Pourcher et al. (1991).

Με βάση τα προαναφερθέντα, οι τιμές των λόγων FC/FS όπως αυτά αναφέρονται στον Πίνακα 11, αλλά και ευχερώς διακρίνονται στο σχήμα 9 των αποτελεσμάτων, σε μία δειγματοληψία, η αναλογία ήταν μεγαλύτερη από 4 (ποσοστό 10%), γεγονός που υποδηλώνει μόλυνση κυρίως από αστικά λύματα. Σε τρεις δειγματοληψίες (ποσοστό 30%) η αναλογία κυμαίνονταν σε τιμές μικρότερες από 0,7, που σημαίνει ότι στις περιπτώσεις αυτές η κοπρανώδης μόλυνση ήταν κυρίως ζωικής προέλευσης. Επίσης, σε μία δειγματοληψία, στις 4/2/2011, ο λόγος πλησίαζε στην τιμή 4, κι αυτό δικαιολογείται από την έντονη βροχόπτωση εκείνων των ημερών, η οποία οδήγησε σε σημαντική αύξηση της τιμής των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων έναντι των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων. Τέλος, στις πέντε από τις δέκα μετρήσεις (50%), η αναλογία

δεν έδωσε τιμές τέτοιες που να οδηγούν σε σαφή συμπεράσματα, σχετικά με την πιθανή αιτία κοπρανόδους μόλυνσης.

Ο Geldreich (1970) δημοσίευσε στις ΗΠΑ μία έρευνα που επηρέασε την σχετική νομοθεσία της χώρας του. Εκτίμησε ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο δείκτης των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών (FC), ως μια παράμετρος καθορισμού της ποιότητας των νερών αναψυχής. Αφού παρέθεσε τα αποτελέσματα συσχετίσεων μεταξύ αριθμού κοπρανωδών κολοβακτηριδίων και ύπαρξης *Salmonella* σε γλυκά και υφάλμυρα νερά (εκβολές ποταμών) που είχαν διεξαχθεί από υπηρεσίες Υγείας της χώρας του, κατέληξε ότι κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή της τάξης των 200 αποικιών / 100 ml νερού, αποτελεί το κατώφλι πάνω από το οποίο αναμένεται οξεία αύξηση περιστατικών απομόνωσης *Salmonella sp.* Έτσι, δημοσίευσε τα παρακάτω αποτελέσματα (Πίν. 12).

Πίνακας 12: Συσχέτιση μεταξύ (FC) και *Salmonella sp.* Geldreich (1970).

Πηγή	FC cfu/100 ml	Αριθμός δειγμάτων	<i>Salmonella</i> θετικά	
			Αριθμός	%
Γλυκό νερό	1-200	29	8	27,6
	201-2000	27	19	85,2
	>2000	54	53	98,1
Υφάλμυρο νερό	1-70	184	12	6,5
	71-200	74	21	28,4
	201-2000	91	40	44,0
	>2000	75	45	60,0

Έτσι, σύμφωνα με τον Geldreich όταν τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή είναι πάνω από 200, η πιθανότητα εύρεσης *Salmonella sp.* ήταν 85,2% σε γλυκά νερά και

44%, σε υφάλμυρα και συνέστησε το όριο των 200 αποικιών /100ml νερού ως το δείκτη για τη μικροβιολογική καταλληλότητα των νερών αναψυχής (Ευστρατίου 1997).

Με βάση την ερευνητική εργασία του Geldreich, η πιθανότητα εύρεσης *Salmonella sp.* στην περίπτωση του χειμάρρου Κραυσίδωνα, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 7, είναι 10% για τον σταθμό 1, 0% για τον σταθμό 2, 10% για τον σταθμό 3, και 33% για τον σταθμό 4. Διαφορετικά, επί συνόλου 36 μετρήσεων των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων, μόλις 4 (ήτοι 11,1%) υπερέβαιναν την τιμή των 200 cfu/100ml, τιμή που αποτελεί ένδειξη για απομόνωση *Salmonella sp.*

Μία άλλη παράμετρος που αξίζει να εξετασθεί είναι η αναλογία κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών προς ολικά κολοβακτηριοειδή (FC/TC). Η σχέση αυτή μπορεί σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές να δώσει χρήσιμα συμπεράσματα, σχετικά με το αίτια της μόλυνσης. Σύμφωνα με τον Lin (1974) η σχέση μεταξύ ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων, ποικίλει ανάλογα με την πηγή της μόλυνσης, τον βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων, τα χαρακτηριστικά των νερών που απολήγουν στα ποτάμια, αλλά και στο ποσοστό συμμετοχής των νερών απορροής. Έτσι, όταν ο λόγος (FC/TC) είναι μεγαλύτερος από 20%, υποδεικνύει μη αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων, ή συνθήκες όπου η διαχείριση των αποβλήτων απέτυχε, εξαιτίας ενός έντονου πλημμυρικού φαινομένου. Αντίθετα, όταν ο λόγος είναι μικρότερος από 20%, υποδεικνύει πιθανή ανάπτυξη του *Aerobacter aerogenes* σαν αποτέλεσμα της εκρηκτικής αύξησης των ολικών βακτηριδίων (Lin et al. 1974).

Στην περίπτωση του Κραυσίδωνα θέλοντας να παραλληλίσουμε τα αποτελέσματα, με τα αντίστοιχα που προαναφέρθηκαν προκύπτει ότι από τις δέκα δειγματοληψίες, στις οκτώ (ποσοστό 80%), η αναλογία FC/TC κυμαίνονταν σε ποσοστά

μεγαλύτερα ή ίσα από 20%, γεγονός που υποδηλώνει πιθανή αναποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων. Αντίθετα μόνο σε ένα ποσοστό 20% επί των συνολικών δειγματοληψιών, η αναλογία ήταν κάτω από 20%, εξαιτίας της απότομης αύξησης των ολικών βακτηριδίων.

Η υψηλή συγκέντρωση των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων σε ένα ποτάμι, σημαίνει ότι υφίσταται σοβαρή μόλυνση. Οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν μολυσμένα νερά για κατανάλωση ή αναψυχή, διατρέχουν υψηλό κίνδυνο για ασθένειες γαστρεντερικής προέλευσης. Αυτές οι ασθένειες μπορούν επίσης να προκληθούν και από αγροτικά προϊόντα τα οποία αρδεύονται με μολυσμένο νερό. Παρότι τα ζωικά απόβλητα αποτελούν μέρος μόνο του προβλήματος, είναι σημαντικά σε σχέση με την απευθείας έκκριση ακατέργαστων ζωικών αποβλήτων στο ποτάμι (Kim et al. 2005).

Με βάση τα αποτελέσματα της GLM ανάλυσης προέκυψαν διαφορές μεταξύ σταθμών ως προς τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, όχι όμως ως προς τις μικροβιολογικές παραμέτρους.

Σχετικά με τις ενδεχόμενες συσχετίσεις μεταξύ των μικροβιακών δεικτών ο Ortega και η ομάδα του (2009), ερευνώντας τις σχέσεις μεταξύ των μικροβιολογικών δεικτών και περιβαλλοντικών παραγόντων σε εκβολή ποταμού σε μια υποτροπική περιοχή, διαπίστωσαν αξιοσημείωτη συσχέτιση ($R=0,56$), μεταξύ ολικών κολοβακτηριδίων και εντεροκόκκων (αποτελούν την βασική ομάδα των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων).

Οι Rivilla & Gonzalez (1989), συγκρίνοντας τις σχέσεις των μικροβιακών δεικτών FC και FS, TC και FS σε μια περιοχή της Ισπανίας, διαπίστωσε υψηλότερο βαθμό συσχέτισης μεταξύ FC και FS, παρά TC και FS. Επίσης, οι Sayler et al. (1975), μελετώντας τους μικροβιακούς δείκτες στο δέλτα ενός ποταμού, κατέληξε στην θετική συσχέτιση ανάμεσα στους FC και FS, TC και FS.

Σε στατιστική ανάλυση έρευνας για τα νερά ποταμών της Τουρκίας που διοχετεύουν τα νερά τους στο Αιγαίο πέλαγος, δεν διαπιστώθηκε σημαντικότητα στη σχέση ανάμεσα στα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και τη θερμοκρασία νερού ($r=-0,19$, $p>0,05$), την αγωγιμότητα ($r=-0,08$, $p>0,05$), και το pH ($r=-0,18$, $p>0,05$). Παρόμοια, δεν διαπιστώθηκε καμιά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους και τη θερμοκρασία νερού ($r=-0,22$, $p>0,05$), αγωγιμότητα ($r=-0,09$, $p>0,05$), και pH ($r=-0,28$, $p>0,05$) (Kacar 2011). Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα έρχονται να επιβεβαιώσουν εν μέρει τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, όπου τα FC δεν συσχετίζονται με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού έχουν άμεση σχέση με την αφθονία των μικροοργανισμών. Η στατιστική ανάλυση της έρευνας απέδειξε ότι τα ολικά κολοβακτηρίδια ήταν περισσότερο συνδεδεμένα με τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού όπως είναι το pH και η θερμοκρασία του, ενώ τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια συνδέονταν κυρίως με εξωτερικές πηγές μόλυνσης. Αυτό υποδηλώνει, ότι μειώνοντας την επίδραση από την εποχική αστική απορροή, θα οδηγήσει σε αποτελεσματική διαχείριση της μικροβιολογικής ποιότητας του νερού (Hong et al. 2010).

Η συγκεκριμένη εργασία έρχεται να επιβεβαιώσει τις σημαντικές θετικές συσχετίσεις ανάμεσα στα ολικά κολοβακτηριοειδή (TC) και το pH, όπως επίσης την έλλειψη σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.

Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξε και ο LeChevallie, ο οποίος υποστηρίζει ότι η θερμοκρασία του νερού, παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την παρουσία των κολοβακτηριδίων. Πιο συγκεκριμένα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι όταν η θερμοκρασία

του νερού είναι πάνω από 15°C, η παρουσία κοπρανωδών βακτηριδίων αυξάνει σημαντικά. Ισχυρίστηκε δε, ότι η θερμοκρασία αναγνωρίζεται ευρέως, ως ένας σημαντικός παράγοντας που επιδρά στην ανάπτυξη των βακτηριδίων. Σε κλίματα που η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλή, η μικροβιακή ανάπτυξη είναι ταχεία (LeChevallie 2003).

Οι δύο παραπάνω ερευνητικές εργασίες, συμφωνούν με την περίπτωση του Κραυσίδωνα, όπου πράγματι υπάρχει σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στην αφθονία των μικροβιακών κολοβακτηριοειδών και της θερμοκρασίας.

Έτσι, και οι χειμάρροι του Πηλίου (Ξηριάς, Κραυσίδωνας και Άναυρος), ενδέχεται να επηρεάζουν την ποιότητα του νερού του Παγασητικού κόλπου, όπου εκβάλλουν κι επομένως την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης.

3.2.3 Διαχειριστικά μέτρα - Προτάσεις

Μεταξύ των προσδοκώμενων στόχων της παρούσας εργασίας, πέραν των αμιγώς επιστημονικών ευρημάτων και της διερεύνησης του μικροβιακού προφίλ του χειμάρρου Κραυσίδωνα είναι και η προσπάθεια τεκμηρίωσης διαχειριστικών μέτρων τα οποία, ευκταίο είναι να ληφθούν υπ' όψιν από τους αρμόδιους φορείς της Πολιτείας.

Όπως έχει προαναφερθεί, η μελέτη της ποιότητας του νερού των ποτάμιων και χειμαρρικών συστημάτων έχει απασχολήσει πολλούς επιστήμονες ανά τον κόσμο, από τα μέσα του εικοστού αιώνα και μετά, οπότε εμφανίστηκαν και τα πρώτα προβλήματα ρύπανσης. Τα τελευταία τριάντα χρόνια όμως, με την ένταση των προβλημάτων αυτών και με την ευαισθητοποίηση του κοινού, το ζήτημα δεν περιορίζεται μόνο στα πλαίσια της επιστημονικής έρευνας, αλλά έγινε υπόθεση εθνική και διεθνής, με σκοπό θεσμοθετημένοι

φορείς και οργανισμοί να ασκήσουν περιβαλλοντική πολιτική (environmental policy) και να εφαρμόσουν διαχειριστικές πρακτικές.

Χρέος της πολιτείας και των φορέων που ασκούν περιβαλλοντική πολιτική και διοίκηση είναι να προβαίνουν καταρχήν σε λεπτομερή καταγραφή των σημειακών πηγών ρύπανσης, οι οποίες παροχετεύουν μέσω στραγγιστικών και μη αγωγών ή υπονόμων ή ελεύθερων απορρίψεων αποβλήτων από αγροτικές, αστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Λόγω του διακριτού τους χαρακτήρα μπορούν σχετικά εύκολα να ανιχνευθούν και να ελεγχθούν και κατά συνέπεια, η εξάλειψή τους ή η κατασκευή κατάλληλων έργων στις εξόδους τους, μπορεί να περιορίσει σημαντικά τη ρύπανση των υδάτινων συστημάτων.

Ενώ τα τελευταία χρόνια έχει γίνει σημαντική πρόοδος στον τομέα της μείωσης της υδατικής ρύπανσης που προκαλείται από σημειακές πηγές, δυστυχώς δεν υπάρχει επαρκής έλεγχος για τη ρύπανση από τις μη σημειακές πηγές ρύπανσης. Η γεωργία, η κτηνοτροφία, η αστική επιφανειακή απορροή είναι δυναμικές πηγές ρύπανσης από μη σημειακές πηγές. Οι συνήθεις ρυπαντές περιλαμβάνουν φερτά υλικά, θρεπτικά συστατικά (nutrients), παθογόνους μικροοργανισμούς, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, βαρέα μέταλλα και άλλα τοξικά απόβλητα. Το σημαντικότερο βήμα για την επίλυση του προβλήματος αποτελεί η πλήρης κατανόηση του προβλήματος (αίτιο – αποτέλεσμα), καθώς και η προσπάθεια ποσοτικοποίησης των ρυπαντικών φορτίων.

Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές σημειακές πηγές, όπου η επεξεργασία είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος ελέγχου της ρύπανσης, η μείωση των μη σημειακών πηγών εστιάζεται σε πρακτικές διαχείρισης γεωργικών δραστηριοτήτων και της επιφανειακής απορροής. Ο σχεδιασμός των χρήσεων γης με περιβαλλοντικό

προσανατολισμό, τα καινοτόμα προγράμματα επίδειξης και η περιβαλλοντική εκπαίδευση και συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών θεωρούνται τα βασικά προληπτικά μέτρα, που είναι πολύ οικονομικά και αποτελεσματικά για την αντιμετώπιση της ρύπανσης από μη σημειακές πηγές. Οι χρήσεις γης επηρεάζουν τη ρύπανση των υπογείων νερών, και κατ' επέκταση τον υδροφόρο ορίζοντα (Ζαρνταβά και συν. 2005).

Η διαχείριση του νερού σχετίζεται με τις χρήσεις για τις οποίες προορίζεται, τη διαθεσιμότητα και την ποιότητά του. Ο Κραυσίδωνας αποτελεί έναν χείμαρρο που χρησιμοποιείται ή δύναται να χρησιμοποιηθεί ως χώρος αναψυχής. Η σχεδόν μόνιμη παρουσία νερού σε μεγαλύτερα υψόμετρα, αλλά και η σταθερή για πολλούς μήνες ύπαρξη ικανής ποσότητας νερού πλησίον του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης του Βόλου, αποτελούν τη βάση για την ψυχαγωγική χρήση του συγκεκριμένου συστήματος. Πέραν αυτού, η ικανοποιητική παροχή αλλά και η καλή ποιότητα του Κραυσίδωνα διασφαλίζει και τον υπόγειο υδροφόρο του. Παράλληλα, η πλούσια χλωρίδα και πανίδα του, αποτελούν πηγή έμπνευσης, χαλάρωσης και αναζήτησης από τους περιπατητές. Ως απαραίτητη προϋπόθεση για τον καθορισμό των απαιτήσεων μας ως κοινωνία, δεν μπορούν να συνυπάρχουν πολλές χρήσεις μαζί, διότι πολλές φορές η μία αντίκειται στην άλλη. Για την καθιέρωση στρατηγικών διαχείρισης του νερού θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το υδρολογικό σύστημα, τα περιβαλλοντικά ζητήματα και οι κοινωνικές ανάγκες της κάθε περιοχής.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Στον υπό εξέταση χείμαρρο, ποσοστό πάνω από 80% επί των συνολικών δειγματοληψιών, κυμάνθηκε εντός των παραδεκτών τιμών σύμφωνα με την κοινοτική Οδηγία 76/160/ΕΟΚ.
- Από τις συνολικά δέκα δειγματοληψίες, μία δειγματοληψία (ποσοστό 10%), καταδεικνύει μόλυνση κυρίως από κόπρανα ανθρώπινης προέλευσης, τρεις δειγματοληψίες (ποσοστό 30%) υποδηλώνουν επιβάρυνση από κόπρανα κυρίως ζωικής προέλευσης, ενώ δεν μπορούν να προκύψουν σαφή συμπεράσματα για τις υπόλοιπες έξι δειγματοληψίες (ποσοστό 60%).
- Από την ανάλυση προέκυψε ότι η αφθονία (Abundance) των μικροβιακών δεικτών (TC, FC, FS, OMX 37°C και OMX 22°C) παρουσιάζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση τόσο με τη θερμοκρασία ($R=0,154$, $p<0,05$) του νερού όσο και με το λόγο FC/TC ($R=0,162$, $p<0,05$). Επίσης, τα ολικά κολοβακτηριοειδή (TC) παρουσίασαν συσχέτιση με το pH ($R=0,410$, $p<0,05$) και τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους (FS) ($R=0,468$, $p<0,01$).
- Οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (FS) παρουσίασαν σημαντική συσχέτιση, εκτός από τα ολικά κολοβακτηρίδια και με το pH ($R=0,400$, $p<0,05$).
- Όσον αφορά την Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (OMX) στους 22°C και 37°C, διαπιστώθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους και μάλιστα σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($R=0,584$, $p<0,01$), αλλά και αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην OMX στους 37°C και την αγωγιμότητα ($R=-0,420$, $p<0,05$).
- Τέλος, σχετικά με την ταχύτητα ροής, προκύπτει στατιστικά αρνητική συσχέτιση μόνο με τους κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους ($R=-0,587$, $p<0,05$).

- Με βάση την ανάλυση (GLM), όσον αφορά τους μικροβιακούς δείκτες, δεν προέκυψε διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς μέτρησης, ούτε ανάμεσα στους μήνες. Από την ανάλυση όμως των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών διαπιστώθηκε για τη θερμοκρασία του νερού και το διαλυμένο οξυγόνο να υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους μήνες και τους σταθμούς μέτρησης και για την αγωγιμότητα και το pH να μην υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς, αλλά μόνο ανάμεσα στους μήνες.
- Όσον αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού, η θερμοκρασία κυμάνθηκε για όλους τους σταθμούς από 7,3° C έως 21,3°C. Οι συγκεκριμένες θερμοκρασίες επιτρέπουν την διαβίωση πολλών ειδών οργανισμών μιας και το εύρος διακύμανσης ανά σταθμό για όλες τις εποχές κυμαίνεται εντός φυσιολογικών ορίων, με βάση την προαναφερθείσα ΚΥΑ 46399/1352/1986. Παρότι δεν προσδιορίστηκε η διαύγειά του με κάποια ενδεδειγμένη μέθοδο εν τούτοις μακροσκοπικά και εμπειρικά, προκύπτει ότι ήταν εξαιρετική. Επίσης, το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο, κυμαίνονταν σε ποσοστά μεγαλύτερα από 80% όπως προβλέπεται και από τη νομοθεσία, ενώ οι υπόλοιπες μετρήσεις (ποσοστό 40%), κυμαίνονται σε ποσοστά από 60%-75%. Όσον αφορά το pH για όλους τους σταθμούς μέτρησης οι τιμές του κυμαίνονταν από 6,9 έως 8,8, μέσα στα όρια που προβλέπει η Κοινοτική Οδηγία 76/160/ΕΟΚ, ενώ η αγωγιμότητα κυμάνθηκε από 203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ μέχρι 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αντωνόπουλος Β. (2001) Ποιότητα και Ρύπανση Υπόγειων Νερών, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ. 355.
- Βανταράκης Α. (2010) Ρύπανση νερών & επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία. Πρακτικό-Θεωρητικό Σεμινάριο, "Μέθοδοι μικροβιακής ανάλυσης νερών", Πάτρα.
- Βελονάκης Ε.Ν. (2001) Μικροβιολογική ποιότητα πόσιμου νερού και Δημόσια Υγεία. Συμπόσιο, "ΑΙΓΑΙΟ-ΝΕΡΟ-ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ", Πάρος, 6 & 7 Ιουλίου 2001.
- Γούναρη (2010) Μελέτη της κατάστασης ρύπανσης του χειμάρρου Ξηριά και λοιπών απορροών που καταλήγουν στο Βόρειο Παγασητικό Κόλπο, Ερευνητικό Πρόγραμμα, Βόλος σελ. 16-18.
- Ευστρατίου Μ.Α. (1997) Σχέση μεταξύ ολικών κολοβακτηριοειδών, κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών, κοπρανωδών στρεπτόκοκκων και *Salmonella spp*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* σε θαλάσσιο νερό περιοχών αναψυχής. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας.
- Ζανάκη Κ. (2001) Έλεγχος Ποιότητας Νερού, Εκδόσεις "ΙΩΝ", σελ. 508.
- Ζήση Σ.Ε. (2007) Περιβαλλοντικοί Παράγοντες και Έλεγχος Ποιότητας Νερών του ποταμού Ληθαίου. Πτυχιακή Εργασία, Αλεξάνδρειο ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Παράρτημα Ν. Μουδανιών, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών.

Κοινοτική Οδηγία 76/160/ECC.

ΚΥΑ 46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986).

Κυρίου Μ.Α. (2010) Ανάλυση των φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας των νερών παραποτάμων και πηγών της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Λημναίος Σ. (2010) Μελέτη επειγόντων αντιπλημμυρικών έργων χειμάρρου Κραυσίδωνα. Νομαρχία Μαγνησίας.

Μιμίκου Μ., Μπαλτάς Ε. (2006) Τεχνική Υδρολογία. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 4η έκδοση, σελ.13-14.

Νταρακάς Ε. (2009) Βασικοί παράμετροι ελέγχου ποιότητας νερού και λυμάτων. Σημειώσεις για τα μαθήματα Υδρεύσεις-Αποχετεύσεις-Τεχνική Περιβάλλοντος. Α.Π.Θ. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.

Οδηγία 2000/60/ΕΚ.

Παρχαρίδου Π., Κρίγκας Ν., Κοκκίνη Σ. (2004) Οι χείμαρροι Κραυσίδωνας και Αναυρος ως βιολογικοί διάδρομοι για την χλωρίδα στην πόλη του Βόλου. Πρακτικά 26^{ου} Επιστημονικού Συνεδρίου, Βόλος.

Σαπουντζής Μ. (2005) Σημειώσεις Υδραυλικής ρευστών, Βόλος.

Στεφανίδης Π. (1990) Μορφομετρική και Υδρογραφική συγκρότηση των χειμαρρικών τύπων στο χώρο της Β. Ελλάδας. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ. παραρτ. Αριθμ.6, τόμος ΑΒ', Θεσσαλονίκη.

Σκληβανιώτης Μ. (2004) Ποιότητα πόσιμου νερού, Πάτρα: Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Πάτρας, Πάτρα.

Φασούλα Α. (2007) Διερεύνηση της σχέσης βροχής-απορροής στο χειμαρρικό ρεύμα «Κραυσίδωνα», μετά από τη βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006. Προπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ahmed W., Hargreaves M., Goonetilleke A., Katouli M. (2008) Population similarity analysis of indicator bacteria for source prediction of faecal pollution in a coastal lake. Marine Pollution Bulletin 56 (2008) 1469-1475.

American Public Health Association (APHA) (1995) Standard methods for examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation. 19th edition, Washington, D.C.

Atlas R. M. & Bertha R. (1997) Microbial ecology fundamentals and applications (pp. 1–694). Benjamin: Commings Science Publishing.

Baker K.H., Herson D.S. (1999) Detection and occurrence of indicator organisms and pathogens. Water Environ. Res. 37, 909–913.

Domingo J.W.S., Bambic D.G., Edge T.A., Wuertz S. (2007) Quo Vadis source tracking? Towards a strategic framework for environmental monitoring of faecal pollution. Water Research 41 (16), 3539-3552.

Dufour A. (1984) Health Effects Criteria for Fresh Recreational Waters. U.S. Environmental Protection Agency Report EPA-600-1-84-2004. Cincinnati, OH.

- Dutka B.J. & Kwan K.K. (1980) Bacterial die-off and stream transport studies. *Water Research* 14, 909-915.
- Edberg S. C., Rice E. W., Karlin R. J. & Allen M. J. (2000) *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. *J. Appl. Microbiol. Symp. Supplement*, 88, 106–116.
- EU 2000 Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Journal of the European Union*.
- Feachem R. (1975) An improved role for faecal coliform to faecal streptococci ratios in the differentiation between human and non-human pollution sources. *Water Research* 9, 689-690.
- Field K.G., Samadpour M. (2007) Fecal source tracking, the indicator paradigm, and managing water quality. *Water Research* 41, 3517–3538.
- Fong T.T., Griffin D.W., Lipp E.K. (2005) Molecular assays for targeting human and bovine enteric viruses in coastal waters and their application for library independent source tracking. *Appl. Environ. Microbiol.* 71, 2070–2078.
- Foppen J., Herwerden M., Kebtie M., Noman A., Schijven J., Stuyfzand P., Uhlenbrook S. (2008) Transport of *Escherichia coli* and solutes during waste water infiltration in an urban alluvial aquifer. *Journal of Contaminant Hydrology*, Volume 95, Issues 1-2, Pages 1-16.
- Geldreich E. E. & Kenner B. A. (1969) Concepts of fecal streptococci in stream pollution. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 41,8,2, R336-R352.

- Georgiou S., Bateman I.J. (2005) Revision of the EU bathing water directive: economic costs and benefits. *Marine Pollution Bulletin* 50, 430–438.
- Griffith J., Schiff K., Lyon G., Fuhrman J. (2010) Microbiological water quality at non-human influenced reference beaches in southern California during wet weather. *Marine Pollution Bulletin* 60, p. 500-508.
- Hong H., Qiu J., Liang Y. (2010) Environmental factors influencing the distribution of total and fecal coliform bacteria in six water storage reservoirs in the Pearl River Delta Region, China. *Journal of Environmental Sciences*, 22(5) 663-668.
- Harwood V.J., Whitlock J., Withington V. (2000) Classification of antibiotic resistance patterns of indicator bacteria by discriminant analysis: use in predicting the source of faecal contamination in tropical waters. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 3698–3704.
- Jeng H., A., Engle A., Bakeer R., Bradford H. (2005) Impact of urban runoff on estuarine environmental quality, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, volume. 63 Issue 4, pages 513-526.
- Kacar A. (2011) Analysis of spatial and temporal variation in the levels of microbial fecal indicators in the major rivers flowing into the Aegean Sea, Turkey. *Ecological Indicators* 11, 1360–1365.
- Kim G., Choib E., Lee D. (2005) Diffuse and point pollution impacts on the pathogen indicator organism level in the Geum River, Korea. *Total Environ.* 350, 94–105.
- LeChevallie M.W. (2003) Conditions favouring coliform and HPC bacterial growth in drinking water and on water contact surfaces. In: *Heterotrophic Plate Counts and*

- Dinking-water Safety. World Health Organization, IWA Publishing, London, UK.
ISBN: 1 84339 025 6. 177–197.
- Leclerc H. (1990) Indicateur bactériens et contrôle de qualité des eaux minérales naturelles. *Rivista. Ital. d'Igiene* 5–6, 3 11–42.
- Lin S., Evans R., and Beuscher D. (1974) Bacteriological Assessment of Spoon River Water Quality. American Society for Microbiology, p.288-297.
- Lipp E., Farrah S., Rose J. (2001) Assessment and Impact of Microbial Fecal Pollution and Human Enteric Pathogens in a Coastal Community, *Marine Pollution Bulletin* Volume 42, Issue 4, Pages 286-293.
- Mansilha C., Coelho C., Heitor A., Amado J., Martins J., Gameiro P. (2009) Bathing waters: New directive, new standards, new quality approach. *Marine Pollution Bulletin* 58, p. 1562–1565.
- Marion J.W., Lee J., Lemeshow S., Buckley, T.J. (2010) Association of gastrointestinal illness and recreational water exposure at an inland U.S. beach. *Water Research*, p.4796-4804.
- McLellan S.L. (2004) Genetic diversity of *Escherichia coli* isolated from urban rivers and beach water. *Appl. Environ. Microbiol.* 70, 4658–4665.
- Moore M.V., Pace M.L., Mather J.R., Murdoch P.S., Howarth R.W., Folt C.L., Chen C.Y., Hemond H.F., Flebbe P.A., Driscoll C.T. (1997) Potential effects of climate change on freshwater ecosystems of the New England/Mid-Atlantic region. *Hydrologic Processes* 11, 925-947.
- Mumtaz M.W., Adnan A., Mukhtar H., Nawaz K., Raza A., Ahmad Z. (2011) Estimation of bacteriological levels in surface water samples to evaluate their contamination

- profile. Environ Monit Assess, p. 172:581-587.
- Nnane D., Ebdon J., Taylor H. (2011) Integrated analysis of water quality parameters for cost-effective faecal pollution management in river catchments. Water Research xxx p. 1-12.
- Ortega C., Solo-Gabriele H.M., Abdelzaher A., Wright M., Deng Y. (2009) Correlations between microbial indicators, pathogens, and environmental factors in a subtropical Estuary, Marine Pollution Bulletin 58, p. 1374–1381
- Pourcher A., Devriese L.A., Hernandez J.F. & Delattre J.M. (1991) Enumeration by a miniaturized method of *Escherichia coli*, *Streptococcus bovis* and enterococci as indicators of the origin of faecal pollution of waters. Journal of Applied Bacteriology 70, 525-530.
- Rivilla R., Gonzalez C.C. (1989) Seasonal variations of pollution indicators in a wildfowl reserve (Donana National Park, Spain). Journal of Applied Bacteriology 67, 219-223.
- Robertson W.J. & Tobin R.S. (1983) The relationship between three potential pathogens and pollution indicator organisms in Nova Scotian coastal waters. Canadian Journal of Microbiology 29, 1261-1269.
- Sayler G.S., Nelson J.D.Jr., Justice A. & Colwell R.R. (1975) Distribution and significance of fecal indicator organisms in the Upper Chesapeake Bay. Applied Microbiology 30, 625-638.
- Servais P., Billen G., Goncalvez A., Garcia-Armisen T. (2007) Modeling microbiological water quality in the Seine river drainage network: Past, present and future situations. Hydrology and Earth Systems Sciences 11, 1581-1592.

- Stevenson A.H. (1953) Studies of bathing water and health. *American Journal of Public Health* 43, 529-538.
- Unicef, WHO (2009) Diarrhoea: Why Children are still Dying and what can be done. The United Nations Children's Fund UNICEF/World Health Organizations (WHO).
- UN (2009) The Millennium Development Goals Report. United Nations, New York.
- U.S. Environmental Protection Agency (1986) Ambient Water Quality Criteria for Bacteria. U.S. Environmental Protection Agency Report EPA-440/5-84-002. Washington DC.
- Wade T.J., Calderon R.L., Sams E., Beach M., Brenner K.P., Williams A.H., Dufour A.P. (2006) Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming-associated gastrointestinal illness. *Environmental Health Perspectives* 114 (1), 24-28.
- Wade T.J., Pai N., Eisenberg J.N., Colford J.M.J. (2003) Do U.S. Environmental protection agency water quality guidelines for recreational waters prevent gastrointestinal illness? A systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 111, 1102-1109.
- WHO/UNEP (1994) Guidelines for health-related monitoring of coastal recreational and shellfish areas, Part I, General Guidelines, Document ICP/CEH 041(2), World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.
- Wyer M., Kay D., Watkins J., Davies C., Kay C., Thomas R., Porter J., Stapleton C., Moore H. (2010) Evaluating short-term changes in recreational water quality during a hydrograph event using a combination of microbial tracers, environmental microbiology, microbial source tracking and hydrological techniques: A case study in Southwest Wales, UK. *Water Research* 44, 4783-4795.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ζαρνταβά Κ., Κιουρτσίδης Χ., Γκανούλης Ι. (2005) Προσομοίωση Ρύπανσης από μη Σημειακά Νιτρικά Φορτία σε Λεκάνες Απορροής, Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων, <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=7636> (Πρόσβαση: 23/9/2011).
- Pischools,(2000),http://www.pischools.gr/download/programs/Oloimero/oloimero_01_03/p_ortaria/krafsidonas%20.pdf (Πρόσβαση: 23/9/2011).

6. ABSTRACT

The present investigation deals with the assessment of the water quality of water of the stream Krafidona, based on physicochemical and microbiological characteristics of water, using indicators of faecal contamination. Monthly samplings took place at stations at different altitudes and at different distances from residential areas, took monthly measurements from January 2011 to June 2011.

The method which used for determining the microbial load, was the membrane filter method, (APHA 1995) and physicochemical characteristics (dissolved oxygen, pH, turbidity, temperature of water) were measured in situ by certified electroprobes. Statistical analysis was performed using Spearman test and GLM analysis applying the SPSS package (17.0). The results were associated with the EU Directive 160/76/ECC, relative to the quality of recreational waters.

The statistical analysis of results with the help of test Spearman to determine the correlation between the examined parameters, while exploring differences between stations and sampling technique was following General Linear Model (GLM). These tests were made using the statistical package SPSS.17.0.

The results showed that on the physicochemical characteristics of water, the temperature was within values that allow living organisms and many species of fish, since the variation per station for all seasons is within normal limits, based on the abovementioned Directive. Also, the dissolved oxygen in water were at levels greater than 80% as envisaged by the legislation, while the other measurements (40%), ranging in percentages from 60% -75%. Regarding the pH for all stations the values ranged from 6.9

to 8.8, within the limits set by EU Directive 76/160/EEC. The conductivity ranged from 203 mS / cm to 400 mS / cm.

On the microbiological parameters, more than 80% was within the accepted values in the Directive, while the greatest burden was observed at stations 3 and 4, which were within the limits of the agglomeration of the city of Volos.

Regarding the seasonal profile of the stream, based on microbiological parameters, appear in late spring-early summer to experience the greatest abundance of bacterial indicators, faecal streptococci, reaching the maximum value of 950 cfu/100ml, and fecal coliform value of 560 cfu/100ml.

From the statistical analysis did not reveal statistically significant correlations between faecal coliforms and environmental parameters, however obtained significant correlations between total bacteria and pH, and between faecal streptococci and pH. Also, a significant correlation was found between total coliforms and faecal streptococci. The analysis showed that the abundance of microbial indicators (TC, FC, FS, TVC 37°C and TVC 22°C) shows statistically significant correlation with temperature of water and with the ratio of FC / TC. Regarding to TVC to 22°C and 37°C, found a significant correlation between them and a negative correlation between the TVC 37°C and conductivity. Finally, concerning the flow rate, statistics show a negative correlation only with the faecal streptococci.

The Krafidonas stream, being a green lung and a unique natural and historic river system, should be as little as possible overburdened, for aesthetic, recreational, but mainly public health. Thus proposed management measures to be undertaken by the state to upgrade the physical that recipient

Keywords: microbial indicators, faecal contamination, streams and river system, physical and chemical characteristics of water, public health.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 1: Η λεκάνη απορροής καθώς και η χάραξη του χειμάρρου Κραυσίδωνα, όπως αυτά απεικονίζονται στο χάρτη του Google Earth 6.0. Διακρίνονται τα σημεία δειγματοληψίας



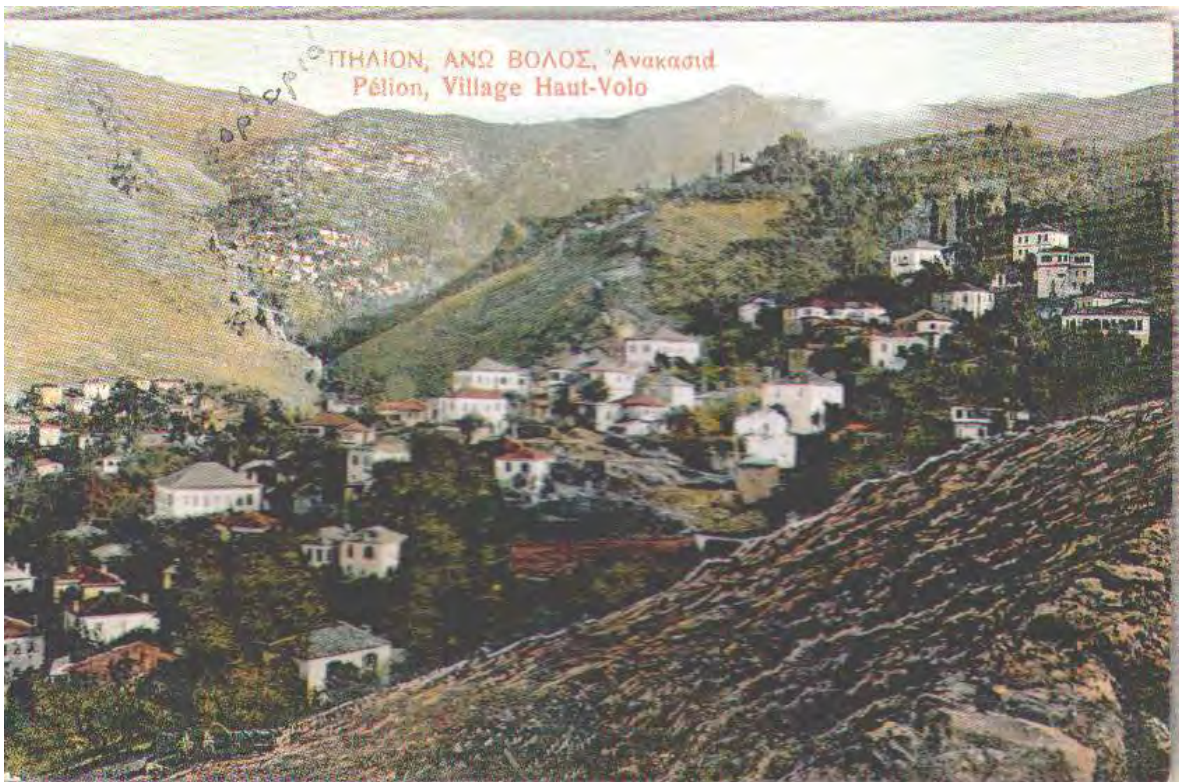
Εικόνα 2: Ο Κραυσίδωνας το χειμώνα (φωτ. Πανταζής)



Εικόνα 3: Ο Κραυσίδωνας κοντά στον σταθμό 4 (φωτ. Πανταζής)



Εικόνα 4: Ο Κραυσίδωνας το χειμώνα (φωτ. Pi-schools)



Εικόνα 5: Το Πήλιο με τα χωριά του (φωτ. Στουρνάρας)

